



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

## **Análise de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste**



Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Geomática  
Especialização em Análises de Sistemas Ambientais

**Benjamim de Oliveira Hopffer Rêgo Silveira Martins**

Faro  
2011



**UNIVERSIDADE DO ALGARVE**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

## **Análise de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste**

Dissertação  
para a obtenção do grau de Mestre em Geomática,  
Especialização em Análises de Sistemas Ambientais

**Orientadores:**

**Professora Doutora Delminda Moura**

Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA)

Faculdade de Ciências e Tecnologia (FTC)

Universidade do Algarve (UAlg)

**Co-orientador**

**Doutor Vitor Lisboa**

Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG)

**Benjamim de Oliveira Hopffer Rêgo Silveira Martins**

Faro  
2011



PARECER

Na qualidade de orientadora da dissertação da tese de mestrado subordinada ao tema *Avaliação de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste*, desenvolvida pelo aluno nº 38343, Benjamim de Oliveira Hopffer Rego Silveira Martins, do mestrado em Geomática da Universidade do Algarve, declaro que o trabalho cumpre os objectivos definidos para a referida dissertação.

Faro, 13 de Dezembro, 2010

(Delminda Moura)

## Declaração

Na qualidade de co-orientador da dissertação de mestrado do aluno Benjamim de Oliveira Hopffer Rego Silveira Martins, com o número de aluno 38343, do mestrado em Geomática na Universidade do Algarve, declaro que o trabalho subordinado ao tema *Avaliação de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste* cumpre os objectivos definidos e se encontra em condições para ser entregue.



José Vítor de Magalhães Barros Vieira Lisboa



# UNIVERSIDADE DO ALGARVE

## EDITAL

Por despacho Reitoral da Universidade do Algarve de 15 de Março de 2011, foram nomeados os seguintes professores para fazerem parte do júri das provas de Mestrado em Geomática – Especialização em Análise de Sistemas Ambientais (2ºCiclo), requeridas por **Benjamim de Oliveira Hopffer Rêgo Silveira Martins**.

**Presidente:** Doutor **José Inácio de Jesus Rodrigues**, Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve.

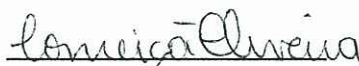
**Vogais:** Doutor **Domingos Manuel Martins Rodrigues**, Professor Auxiliar da Universidade da Madeira;

Doutora **Delminda Maria de Jesus Moura**, Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve, na qualidade de orientadora;

Doutor **José Vítor de Magalhães Barros Vieira Lisboa**, Técnico Superior do Laboratório Nacional de Energia e Geologia – LNEG, na qualidade de co-orientador.

Universidade do Algarve, 16 de Março de 2011

A Chefe da Divisão de Formação Avançada

  
(Conceição Oliveira)

***MOTTO***

*“A grandeza de uma nação pode ser julgada pela forma  
como seu ambiente é tratado”.*

*Paráfrase de Mahatma Gandhi*

*Dedico o presente trabalho*

*Em especial à minha família Lurdes, Litu, Mafalda e Tânia pela motivação  
apoio, paciência e amor apesar do peso da minha ausência...*

*Aos meus pais, Basílio e Domingas que semearam dentro de mim a  
curiosidade e vontade de aprender algo de novo...*

*Ao meu país Timor-Leste que merece o orgulho e o trabalho de  
todos os seus cidadãos...*

*A natureza como fonte de vida e de inspiração...*

## AGRADECIMENTOS

---

Em primeiro lugar, agradeço à **Professora Delminda Moura**, por ter aceite o tema da minha dissertação desde a primeira conversa, disponibilizando-me todos os seus ensinamentos em geomorfologia, na orientação nos trabalhos de laboratório e análise dos seus respectivos resultados e na correcção do português;

Em segundo lugar, agradeço ao **Doutor Vitor Lisboa**, por ter aceite orientar a minha dissertação como co-orientador, disponibilizando-me o mapa e informações sobre a geologia de Timor e disponibilizou-me ensinamentos sobre a geologia de Timor e as técnicas de foto interpretação, e na correcção do português;

Ao **Professor José Rodrigues** pela motivação, amizade e pelos seus ensinamentos em Sistemas de Informação Geográfica;

Ao Professor **Thomas Boski** pela amizade, ensinamentos e pela cedência da utilização do refractómetro de raio-X para a análise mineralógica das amostras;

Ao Professor **João Matos** da Universidade Técnica de Lisboa pela cedência dos dados espaciais de Timor-Leste, o que tornou possível o desenvolvimento do tema desta dissertação;

Ao Professor **Paulo Fernandes** pela motivação, amizade e pelos seus ensinamentos;

À Sr.<sup>a</sup> **Manuela** e ao Sr. **Paulo Santana** pela amizade e apoio dado durante a execução dos trabalhos de laboratório;

Ao Tata **Bel Loe, Leonel** (Chefe da Aldeia de Malilait), e outros habitantes de Malilait, Grotu e Lourba pelo apoio ao trabalho de campo na recolha de imagens fotográficas, amostras e informações sobre as ocorrências de movimentos de vertente recentes e nos tempos remotos;

Ao meu grande amigo **Fernando “Lasama” de Araújo** pela motivação, amizade e pelo apoio determinante, o que tornou possível a elaboração do tema da dissertação;

Ao **Ministério de Justiça da República Democrática de Timor-Leste, Direcção Nacional de Terras e Propriedades e Serviços Cadastrais** pela cedência dos ortofotomapas e mapas topográficos digitais de Timor-Leste;

Ao **Ministério das Infra-estruturas da República Democrática de Timor-Leste, Direcção Nacional de Meteorologia e Geofísica** pela cedência dos dados meteorológicos de Timor-Leste;

Ao **Secretario de Estado das Obras Públicas** pela cedência dos dados espaciais e do esboço dos planos de urbanização de Dili e de Baucau;

Ao **Ministério da Agricultura da República Democrática de Timor-Leste**, pela cedência dos dados de solos de Timor-Leste;

A todos os meus **Colegas do Curso de Geomática da Primeira Edição, do ano de 2008**, oriundos das mais diversas áreas de formação pela amizade, motivação, apoio e partilha de experiências e conhecimentos;

À **Doutora Teresa Borges** da Universidade do Algarve (UAlg) e ao **Doutor Aurélio Guterres** da Universidade Nacional de Timor-Leste (UNTL) pela bolsa concedida através do Programa Erasmus Mundus ECW LOTE10, o que tornou possível a minha vinda à Universidade do Algarve;

Ao pessoal do **Gabinete de Mobilidade** da UAlg e dos **Serviços da Acção Social** pela motivação, amizade e apoio durante a minha estadia em Faro;

Um obrigado aos meus sogros, **falecido Sr. Bessa e Mina** pelo amor e carinho com que ajudaram a cuidar dos netos durante minha ausência.

Ao **Gui, Aurora e Joana** pela motivação, apoio e companhia durante a minha estadia em Portugal.

Às **Gentes** e à **Cidade** de Faro

Por fim, a **todas as pessoas** que, directa ou indirectamente contribuíram, nas mais diversas formas para a realização deste trabalho.

## RESUMO

---

### **Análise de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste**

Timor-Leste actualmente é considerado como um exemplo extremo de deficiências de capacidade de adaptação às alterações climáticas. O clima é um dos factores influentes na frequência e na magnitude dos movimentos de vertentes. Os movimentos de vertente representam um risco significativo para a vida, subsistência, propriedade, infra-estruturas e recursos em muitas partes do mundo. A região de Bobonaro situa-se numa área onde aflora a Formação Bobonaro Scaly Clay, essencialmente constituída por argilas mal consolidadas e uma mistura de litoclastos muito heterogénea e heterométrica onde se incluem blocos de grandes dimensões. A paisagem correspondente a esta formação geológica regista marcas de importantes movimentos de vertente, resultado da interacção entre as rochas argilosas e a precipitação, como parte do processo dinâmico e estrutural na modelação da superfície terrestre.

A compreensão da Geomorfologia de uma dada região é factor de sucesso em várias actividades humanas, como são exemplos a pesquisa de recursos minerais e o ordenamento do território. A gestão dos recursos naturais só tem sentido num quadro geomorfológico bem conhecido. A ocupação humana da superfície do planeta conduziu ao conceito de risco geomorfológico, envolvendo todos os fenómenos de superfície capazes de perturbar, de modo mais ou menos dramático, a vida e as actividades das populações.

É nosso objectivo que o presente trabalho, possa contribuir para a caracterização da geomorfologia da região de Bobonaro face aos desastres naturais, com especial atenção, para a identificação dos factores geomorfológicos e ambientais que contribuem para a ocorrência de movimentos de vertente.

Como resultado do presente estudo, em primeiro lugar, serão apresentados mapas onde são identificadas as áreas de susceptibilidade e de risco à ocorrência de movimentos de vertente, de utilidade para o planeamento e o ordenamento da região de Bobonaro, em segundo lugar, será feita a caracterização dos tipos de movimentos de

vertente e por último serão sugeridas medidas de ordenamento territorial com base nos resultados do presente trabalho.

Dada a limitação dos dados disponíveis, optou-se por uma abordagem semi-quantitativa para a avaliação de risco de movimentos de vertente, que é considerada útil nas seguintes condições: (i) como um processo inicial de identificação de perigos e riscos; (ii) quando o nível de risco (pré-assumido) não justifique o tempo e o esforço; (iii) ou quando a possibilidade de obtenção de dados numéricos é limitada.

Para a implementação do modelo semi-quantitativo, recorreu-se à utilização do módulo *Spatial Analysis Tools* do software ArcGIS 9.3 com base na avaliação espacial multi-critério, ou seja, SMCE (*Spatial Multi Criteria Evaluation*) em ambiente de SIG. O fundamento teórico para a avaliação multi-critério baseia-se na técnica de suporte à decisão AHP (*Analysis Hierarchy Process*) que permite determinar um conjunto óptimo de pesos dos factores que condicionam os movimentos de vertente utilizados para a combinação dos diferentes mapas.

As áreas que se localizam nas formações de Wailuli e Bobonaro Scaly Clay revelam ser as de susceptibilidade “muito elevada” a ocorrência de movimentos de vertente porque expõem essencialmente de xistos argilosos e argilas com esmectite e com declives superiores a 12°.

**Palavra-chave:** Bobonaro, Geomorfologia, Movimentos de Vertente, Susceptibilidade, Vulnerabilidade, Risco, SIG (Sistemas de Informação Geográfica), SMCE (*Spatial Multi Criteria Evaluation*), AHP (*Analysis Hierarchy Process*), Gestão do território

## ABSTRACT

---

### **Geomorphological Risk Analysis in Bobonaro Region, Timor-Leste**

Timor-Leste is currently considered as an extreme example of lack of capacity to adapt to climate change. The climate is a driver factor to the frequency and magnitude of landslides. The Bobonaro region lies in an area where outcrops Bobonaro Scaly Clay Formation, which mainly consists of poorly consolidated clays and a mixture of highly heterogeneous and heterométrica litoclastos which include large blocks. The Bobonaro's geomorphic and climate context led to very frequent landslide occurrence that characterizes the landscape in the region.

The knowledge about of the geomorphological processes and mechanism is a fundamental importance to ensure the success of several human activities such as the research of natural resources and the urban planning. The geomorphological risk is a concept directly linked with the human's life and activities.

It is our goal that this work could contribute to the geomorphological characterization and to quantify the degree of susceptibility and risk to natural hazards, particularly to landslides at the Bobonaro region. Therefore, as a result of this work, will be presented landslides susceptibility and risk maps. In addition, some suggestions concerning the land use planning are made based in our results to suggest measures for based on the results of this works.

Aiming to evaluate the landslide risk and given the scarcity of the available data, we opted to use a semi-quantitative approach that is suitable in the following condition: (i) as an initial screening process to identify natural hazards and risks; (ii) when the level of risk (pre-assumed) does not justify the time and effort; (iii) where the possibility of obtaining numerical data is limited.

The module of *Spatial Analysis Tools* of the ArcGIS 9.3's software based on the Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE), was used for the implementation of the semi-quantitative model within GIS environment. The theoretical foundation for the multi criteria evaluation is based on the technical decision support AHP (*Analysis Hierarchy Process*), which allows to determine an optimal set of weights of the factors that influence the landslides used for the combination of the different maps.

Areas that are located in Wailuli and Bobonaro Scaly Clay formations reveal "very high" susceptibility to landslides occurrence because they expose essentially shale and clay with minerals as montmorillonite or smectite and with slopes greater than 12°.

**Keywords:** Bobonaro, Geomorphology, Landslides, Susceptibility, Vulnerability, Risk, GIS (*Geographic Information Systems*), SMCE (*Spatial Multi Criteria Evaluation*), AHP (*Analysis Hierarchy Process*), Land use planning

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

AGS	Australian Geomechanics Society
AHP	Analysis Hierarchy Process
ANPC	Autoridade Nacional de Protecção Civil
ASA	Análises de Sistemas Ambientais
BAKOSURTANAL	Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional
DGOTDU	Direcção-Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano
DNE	Direcção Nacional de Estatística
DNMG	Direcção Nacional de Meteorologia e Geofísica
DNTP e SC	Direcção Nacional de Terras e Propriedades e Serviços Cadastrais
DRX	Difractómetro de Raios X
DTM	Digital Terrain Model
EM-DAT	Emergency Events Database
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAO	Food and Agriculture Organization
FAUTL	Faculdade de Agricultura da Universidade Técnica de Lisboa
GERTiL	Grupo de Estudos de Reconstrução de Timor-Leste
GPS	Global Positioning System
GSHAP	Global Seismic Hazard Assessment Program
IAEG	International Association for Engineering Geology
ICIST	Instituto de Engenharia de Estruturas, Território e Construção – IST
IGP	Instituto Geográfico Português
IPAD	Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
IST	Instituto Superior Técnico
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
MAEOT	Ministério da Administração Estatal e do Ordenamento Territorial
MDT	Modelo Digital do Terreno
NMM	Nível Médio do Mar
PDM	Plano Director Municipal

PGA	Peak Ground Acceleration
PNPOT	Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território
RDTL	República Democrática de Timor-Leste
RI	Republik Indonesia
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SMCE	Spatial Multi-Criteria Evaluation
TIN	Triangulated Irregular Network
UNDRO	United Nations Disaster Relief Co-ordinator
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNSCAP	United Nations Economic and Social Commission for Asia Pacific
URL	Uniform Resource Locator
USGS	United State Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984
WP/WLI	Working Party on World Landslide Inventory

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura - 1</b> – Esquema exemplificativo de desabamento (WP/WLI, 1993a).....	4
<b>Figura - 2</b> – Esquema exemplificativo de balançamento (WP/WLI, 1993a).....	5
<b>Figura - 3</b> – Esquema exemplificativo de deslizamento rotacional (WP/WLI, 1993a) .....	6
<b>Figura - 4</b> – Esquema exemplificativo de deslizamento translacional com ruptura planar (WP/WLI, 1993a).....	7
<b>Figura - 5</b> – Esquema exemplificativo de expansão lateral (WP/WLI, 1993a).....	7
<b>Figura - 6</b> – Esquema explicativo de escoada (WP/WLI, 1993a).....	9
<b>Figura - 7</b> – Causas internas e externas dos movimentos de vertente (Terzaghi, 1950) .....	10
<b>Figura - 8</b> – Modelo conceptual de risco (adaptado de Panizza, 1990) .....	13
<b>Figura - 9</b> – Geomorfologia do local onde ocorreram movimentos de vertente há mais de 100 anos com danos materiais e vítimas humanas. Um local muito povoado. Após a catástrofe foram estabelecidos novos locais para povoamento as Sul Malilait e a Norte (Taimea e Grotu). A estrada foi construída em 1918, e em 1969 já não se podia circular. Presentemente não se encontram as ruínas/ vestígios desta estrada (Foto: Vitor Murteira, 1969).....	15
<b>Figura - 10</b> – Localização da área de estudo (Fonte: URL1; URL2) .....	17
<b>Figura - 11</b> – Localização da ilha de Timor em relação ao arco de Banda, Austrália e Plataforma da Sunda (Eurásia): as ilhas vulcânicas do arco (a preto); ilhas do arco exterior (cinzento escuro); plataforma continental australiana (ponteadas); plataforma continental de Sunda (tracejada) (Charlton, 1991) .....	19
<b>Figura - 12</b> – Mapa estrutural de Timor. O complexo de Bobonaro aflora principalmente nas áreas assinaladas como para-autóctones, mas também localmente no alóctone. Adaptado de Audley-Charles (1968) e Rosidi (1981), com dados adicionais de Kenyon (1974); Berry & Grady (1981) e Bird et al., (1989) .....	20
<b>Figura - 13</b> – Mapa Geológico de Timor-Leste na escala 1:250 000 (Audley-Charles, 1965, 1968) .....	23
<b>Figura - 14</b> – Modelo de carreamento (Audley-Charles, 1968) .....	26
<b>Figura - 15</b> – Modelo imbricado (Hamilton, 1979) .....	27
<b>Figura - 16</b> – Modelo autóctone (Chamalaun & Grady, 1978) .....	27

<b>Figura - 17</b> – Programa de Avaliação Global de Perigosidade Sísmica (GSHAP) (Fonte: URL5) .....	29
<b>Figura - 18</b> – Epicentros Sísmicos na região do Arco da Banda (Fonte: URL6).....	30
<b>Figura - 19</b> – A morfologia da Costa Norte no Subão grande (Foto: 2008).....	32
<b>Figura - 20</b> – A morfologia da Costa Sul, em Hatu’udu (Fonte: Google Earth, 2010)..	33
<b>Figura - 21</b> – Morfologia da região montanhosa. O dorso central com o ponto mais alto no pico de Tatamailau (2960 metros) .....	34
<b>Figura - 22</b> – Temperatura média anual (Fonte: Atlas de Timor-Leste, 2002).....	35
<b>Figura - 23</b> – Precipitação média anual (Fonte: Atlas de Timor-Leste, 2002).....	37
<b>Figura - 24</b> – Distribuição de precipitação mensal nas principais regiões em Timor-Leste, apresentado no Primeiro Workshop Nacional sobre alteração Climatérica em Dili, 2003 (Barnett et al., 2007) .....	37
<b>Figura - 25</b> – Imagem da área urbana pouco densa e descontínua (Fonte: 2010 <i>Google Earth</i> ) .....	41
<b>Figura - 26</b> – (A) Rede viária principal em relevos muito acidentados. (B) Zona Agrícola (C) Zona de pastagem (D) Zona de protecção tradicional.....	42
<b>Figura - 27</b> – Modelo de Análise de Risco à ocorrência de movimentos de vertente .....	49
<b>Figura - 28</b> – Esquema de criação de mapas temáticos/planos de informação em ambiente ArcGIS 9.3 .....	53
<b>Figura 29</b> – Mapa de formações geológicas da área de estudo, região de Bobonaro .....	54
<b>Figura 30</b> – Exemplos de amostras de xisto argiloso negro (a) - B2 (GM51) E (b) - B11 (GM12) .....	57
<b>Figura 31</b> – Gráfico de relação entre o diâmetro médio ( $\mu\text{m}$ ) das partículas, a percentagem de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3\%$ ) .....	57
<b>Figura 32</b> – Distribuição de minerais argilosos, com uma predominância do quartzo e da moscovite .....	60
<b>Figura 33</b> – Paisagem de movimentos de massa de tipo reptação (Foto 2009) .....	61
<b>Figura 34</b> – Mapa de altimetria (TIN/MDT) da área de estudo, região de Bobonaro ..	62
<b>Figura 35</b> - Mapa de declividade da área de estudo, região de Bobonaro .....	63
<b>Figura 36</b> – Mapa de orientação de vertentes da área de estudo, região de Bobonaro ..	64
<b>Figura 37</b> – Mapa Hidrológico da área de estudo, região de Bobonaro .....	65
<b>Figura 38</b> – Mapa de lineamentos estruturais da área de estudo, região de Bobonaro ..	66

<b>Figura 39</b> – Mapa de tipo de solo da área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>67</b>
<b>Figura 40</b> – Mapa de vegetação da área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>68</b>
<b>Figura 41</b> – Mapa de uso do solo da área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>69</b>
<b>Figura 42</b> – Mapa de inventário de movimentos de vertente na área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>70</b>
<b>Figura 43</b> - Prejuízos causados pelos movimentos de vertente na área de estudo, Vila de Bobonaro. (a) As instalações da antiga Companhia de Cavalaria N° 5 de Bobonaro, (b) Via principal da Vila de Bobonaro. (Foto registada em 2008) .....	<b>71</b>
<b>Figura 44</b> – Causas de movimentos de vertente introduzido pelo homem. (a) A montante; (b) A jusante. (Foto registada em 2009) .....	<b>72</b>
<b>Figura 45</b> – Inventário de Movimentos de Vertentes (Fonte: Google Earth, 2010) .....	<b>73</b>
<b>Figura 46</b> – Registo de tipos de movimentos de vertente (a) Desabamento/queda de rochas; (b) Deslizamento translacional-Desabamento; (c) Deslizamento translacional; (d) Escuada (deposição de material detríticos);(e) Desabamento-Deslizamento translacional; (f) Desabamento de blocos argilosos (Fotos registadas em 2009) .....	<b>74</b>
<b>Figura 47</b> – Mapa de ocupação humana da área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>75</b>
<b>Figura 48</b> - Nível de estruturação de classes do método de análise AHP (Yoshimatsu & Abe, 2006) .....	<b>79</b>
<b>Figura 49</b> - Diagrama de atribuição de peso dos mapas temáticos (factores) de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (Yoshimatsu & Abe, 2006) .....	<b>81</b>
<b>Figura 50</b> - Diagrama de atribuição de peso dos mapas temáticos (factores) de vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de vertente (Yoshimatsu & Abe, 2006) .....	<b>82</b>
<b>Figura 51</b> – Mapa de factores ambientais condicionantes à ocorrência de movimentos de vertente da área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>85</b>
<b>Figura 52</b> – Mapa de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente na área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>87</b>
<b>Figura 53</b> – Mapa de vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de vertente na área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>89</b>
<b>Figura 54</b> – Mapa de risco à ocorrência de deslizamento de vertente na área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>89</b>

## LISTAS DE TABELAS

---

<b>Tabela - 1</b> – Classificação de deslizamentos (Dikau et al., 1996;Zêzere, .....	<b>3</b>
<b>Tabela - 2</b> – Escala de Valores da AHP para a comparação par-a-par (Saaty, 1980; Câmara et. al., 2005, in: URL9) .....	<b>50</b>
<b>Tabela - 3</b> – Mapas temáticos de base utilizados para o desenvolvimento de estudo de ocorrência de movimentos de vertente .....	<b>52</b>
<b>Tabela - 4</b> – Percentagem (%) de CaCO <sub>3</sub> e diâmetro médio (µm) da fração detrítica .....	<b>56</b>
<b>Tabela 5</b> – Limites de Atterberg para vários tipos de argilas (Selby, 1982) .....	<b>59</b>
<b>Tabela 6</b> – Análise mineralógica qualitativa das rochas argilosas .....	<b>60</b>
<b>Tabela 7</b> – Densidade de drenagem das bacias hidrográficas da área de estudo, região de Bobonaro .....	<b>64</b>
<b>Tabela 8</b> – Atribuição dos pesos de evidências de cada mapa temático .....	<b>76</b>
<b>Tabela 9</b> – Matriz de comparação par-a-par, os pesos e o índice de consistência relativo aos factores geomorfológicos que contribuem para à ocorrência de movimentos de vertente .....	<b>80</b>
<b>Tabela 10</b> – Matriz de comparação par-a-par, os pesos e o índice de consistência relativo aos factores de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente .....	<b>81</b>
<b>Tabela 11</b> – Matriz de comparação par-a-par, os pesos e o índice de consistência relativo aos factores vulneráveis à ocorrência de movimentos de vertente .....	<b>82</b>

## LISTA DE ANEXOS (em suporte informático/CD)

---

<b>Anexo - I</b> – Glossário da morfologia dos movimentos de vertente e a sua respectiva figura exemplificativa (WP/WLI, 1993b) .....	<b>108</b>
<b>Anexo - II</b> – Unidades pedológicas de Timor (Garcia & Cardoso, 1978) .....	<b>111</b>
<b>Anexo - III</b> – Classificação dos solos provenientes das várias formações geológicas existentes em Timor (Leme, 1968; Garcia & Cardoso, 1978) .....	<b>116</b>
<b>Anexo - IV</b> – Registo de trabalho de campo na área de estudo .....	<b>118</b>
<b>Anexo - V</b> – Percentagem do Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) .....	<b>119</b>
<b>Anexo - VI</b> – Análise Granulométricas .....	<b>120</b>
<b>Anexo - VII</b> – Mineralogia das argilas .....	<b>121</b>
<b>Anexo - VIII</b> – Mapa de factores ambientais condicionantes à ocorrência de movimentos de vertente .....	<b>122</b>
<b>Anexo - IX</b> – Mapa de Susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente .....	<b>123</b>
<b>Anexo - X</b> – Mapa de Vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de vertente .....	<b>124</b>
<b>Anexo - XI</b> – Mapa de Risco à ocorrência de movimentos de vertente .....	<b>125</b>

## ÍNDICE

---

MOTTO .....	[ii]
DEDICATÓRIA .....	[iii]
AGRADECIMENTOS .....	[iv]
RESUMO .....	[vi]
ABSTRACT .....	[viii]
LISTA DE ABREVIATURAS .....	[x]
LISTA DE FIGURAS .....	[xii]
LISTA DE TABELAS .....	[xv]
LISTA DE ANEXOS .....	[xvi]
CAPÍTULO I .....	[1]
INTRODUÇÃO .....	[1]
1. - Risco Geomorfológico .....	[2]
2. - Classificação de Movimentos de vertente .....	[3]
2.1. – Desabamento .....	[4]
2.2. – Balançamento .....	[4]
2.3. – Deslizamento .....	[5]
2.3.1. – Deslizamento rotacional .....	[5]
2.3.2. – Deslizamento translacional com ruptura compósita .....	[6]
2.3.3. – Deslizamento translacional com ruptura planar .....	[6]
2.4 - Expansão Lateral .....	[7]
2.5 – Escoada .....	[8]
3. – Estado de actividade dos movimentos de vertente .....	[9]
4. - Morfologia dos movimentos de vertente .....	[10]
5. - Causas dos movimentos de vertente .....	[10]
5.1. - As causas internas .....	[11]
5.1.1 - Factores geológicos .....	[11]
5.1.2 - Características geomorfológicas .....	[11]
5.1.3 - Condições climáticas .....	[12]
5.2. - As causas externas .....	[12]
6. - Modelo conceptual de Risco .....	[13]

8. - Objectivo do trabalho .....	[14]
CAPÍTULO II .....	[17]
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	[17]
1. - Localização geográfica e organização do território .....	[17]
2. - Geologia .....	[18]
2.1 – Trabalhos anteriores e enquadramento geológico regional .....	[18]
2.1.1. – Sistema para-autócone.....	[20]
2.1.2. – Sistema alóctone.....	[21]
2.1.3. – Sistema autóctone .....	[22]
2.2. – Geologia da área de estudo .....	[22]
2.2.1. – Formação de Maubisse .....	[23]
2.2.2. – Formação de Aitutu .....	[23]
2.2.3. – Formação de Wailuli .....	[24]
2.2.4. – Formação de Bobonaro Scaly Clay .....	[24]
2.3. – Tectónica .....	[25]
2.3.1. – Modelo de sobreposição ou carreamento ( <i>overthrust</i> ) .....	[25]
2.3.2. – Modelo imbricado ( <i>imbricate</i> ) .....	[26]
2.3.3. – Modelo de resalto ( <i>rebound</i> ) .....	[27]
2.4. - Sismicidade .....	[28]
3. - Geomorfologia .....	[31]
4. - Clima .....	[35]
4.1 - Temperatura, Humidade de Evaporação .....	[35]
4.2 - Pluviosidade .....	[36]
5. - Vegetação .....	[38]
6. - Erosão .....	[39]
7. - Solos .....	[39]
8. - Ocupação do solo .....	[40]
8.1 Enquadramento Urbano .....	[40]
8.2 Rede viária .....	[41]
8.3 Actividade de Produção e Protecção .....	[42]
CAPÍTULO III .....	[43]
MATERIAL E MÉTODOS .....	[43]

1. - Campo .....	[43]
2. - Laboratório .....	[43]
2.1. – Percentagem do carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) .....	[44]
2.2. – Análise granulométricas .....	[44]
2.3. - Mineralogia das argilas .....	[44]
3. - Dados espaciais .....	[45]
4. - Programas informáticos “ <i>Software</i> ” .....	[46]
5. – Referência espacial ..	[46]
6. – Geoprocessamento .....	[46]
7. - Elaboração de mapas temáticos .....	[50]
CAPÍTULO IV .....	[54]
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	[54]
1. – Agrupamento de mapas temáticos .....	[54]
1.1. - Geomorfologia .....	[54]
1.1.1. - Geologia .....	[54]
1.1.2. - Litologia .....	[55]
1.1.3. - Relevo .....	[61]
1.1.4. - Declive .....	[62]
1.1.5. - Orientação das vertentes .....	[63]
1.1.6. - Drenagem .....	[64]
1.1.7. - Lineamentos estruturais .....	[65]
1.2. Solo, vegetação e uso do solo .....	[66]
1.2.1. - Solo .....	[66]
1.2.1. - Vegetação .....	[67]
1.2.3. - Uso do solo .....	[68]
1.3. Inventário de movimentos de vertente .....	[69]
1.3.1. - Ocorrências de movimentos de vertente .....	[69]
1.3.2. - Tipos de movimentos de vertente .....	[72]
1.4. Ocupação humana .....	[74]
2. - Padronização / Atribuição de Peso de Evidência .....	[75]
3. - Parametrização dos pesos dos factores.....	[79]
3.1. - Factores ambientais .....	[80]
3.2. - Factores de susceptibilidade .....	[80]

3.3. - Factores de vulnerabilidade .....	[82]
4. - Sobreposição de factores .....	[82]
5. – Mapas de susceptibilidade e de risco .....	[84]
5.1. – Mapa de factores ambientais condicionantes à ocorrência de movimentos de vertente .....	[84]
5.2. – Mapa de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente.....	[86]
5.3. – Mapa de Risco à ocorrência de movimentos de vertente .....	[87]
CAPÍTULO V .....	[90]
PROPOSTA DE GETÃO DO TERRITÓRIO .....	[90]
1. – Histórico da gestão do território.....	[90]
1.1. – Histórico - Timor-Leste.....	[90]
1.2. - Histórico - Portugal .....	[91]
2. – Medidas de gestão do território no presente trabalho.....	[91]
CAPÍTULO VI .....	[94]
CONCLUSÃO .....	[94]
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	[95]
ANEXOS .....	[107]

Every civil engineer is engaged in experimental geology without being conscious of the fact and without being spoiled by the recognition of the benefits which the science of geology has derived from his activities.

(Terzaghi, 1953)

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

---

A elaboração desta monografia insere-se no âmbito do Mestrado em Geomática na área de especialização em Análises de Sistemas Ambientais (ASA). Foi proposta a realização do estudo na área temática de Riscos Geomorfológicos com especial atenção na análise de movimentos de vertente com incidência no Ordenamento do Território. O estudo foi efectuado para a região de Bobonaro, Timor-Leste, com o objectivo de alertar a comunidade local para importância dos Riscos Naturais e o seu impacto socioeconómico.

No contexto mundial, tem-se verificado, nas últimas décadas, um aumento das ocorrências de desastres naturais e dos prejuízos decorrentes. Segundo a *Emergency Events Database*, EM-DAT (2009) verifica-se uma tendência global para o significativo incremento do número de desastres a partir de 50 registos por ano na década de 70 para 350 em 2008 com prejuízos estimados, que em 1975, eram de aproximadamente 5 biliões de dólares e que passaram para os 180 biliões de dólares em 2008. As populações em risco têm apresentado um crescimento anual em torno de setenta a oitenta milhões de pessoas, sendo que, mais de noventa por cento dessa população encontra-se nos países em desenvolvimento. Nestes países as populações em risco caracterizam-se pelo baixo rendimento, vivem em habitações mais frágeis, em áreas densamente povoadas e em terrenos de maior susceptibilidade aos perigos.

Os desastres naturais podem ser provocados por diversos fenómenos, tais como, inundações, deslizamentos, erosão, terremotos, furacões, tempestades, etc. O crescimento acelerado da expansão urbana verificado nas últimas décadas, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, e contribuiu significativamente também para o aumento das situações de vulnerabilidade e de risco a desastres naturais. Além disso, diversos estudos indicam que a variabilidade climática actual, com tendência para o aquecimento global, está associada a um aumento de extremos climáticos.

Actualmente, as Nações Unidas por meio da ISDR (*International Strategy for Disaster Reduction*), concentram as atenções na questão da vulnerabilidade que é um estado determinado pelas condições físicas, sociais, económicas e ambientais, as quais podem aumentar a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto de eventos

perigosos. O objectivo é minimizar a exposição ao perigo por meio do desenvolvimento de capacidades individuais, institucionais e da colectividade que possam contrapor-se aos perigos e aos danos. O papel da participação comunitária é considerado elemento chave no conhecimento e na adaptação aos fenómenos de riscos. Assim, a estratégia de redução de desastres precisa de ser acompanhada com políticas de desenvolvimento sustentável, que levem em conta os perigos existentes e os planos para redução dos riscos.

## **1. Risco Geomorfológico**

A compreensão da Geomorfologia de uma dada região é factor de sucesso em várias actividades humanas como são exemplos a pesquisa de recursos minerais e o ordenamento do território. A gestão dos recursos naturais só tem sentido num quadro geomorfológico bem conhecido. A ocupação humana da superfície do planeta conduziu ao conceito de risco geomorfológico, envolvendo todos os fenómenos de superfície capazes de perturbar de modo mais ou menos dramático a vida e as actividades das populações (Zêzere, 2007; Gaspar et al., 2008). A produção de cartas de risco geomorfológico é uma ferramenta indispensável ao ordenamento do território de qualquer país. Uma das medidas mais importantes a tomar pelos governos e autoridades locais ao nível do planeamento urbano e ordenamento do território, é a dinamização e a promoção da integração da componente ambiental nos seus planos de desenvolvimento territorial (Bateira, 2001; Garcia et al., 2007; Julião et al., 2009; Castellanos Abella, 2008).

Constituem os riscos geomorfológicos mais comuns, os movimentos de massa ao longo das vertentes. Deste modo, é óbvio que o grau de risco depende das características das vertentes (declive e comprimento), das características do material que as cobre (litologia, granulometria, espessura do depósito), da estrutura geológica, da morfologia, das características do clima (quantidade, e distribuição da precipitação) e da utilização do solo (Crozier, 1986; Summerfield, 1991; Zêzere, 2000, 2005; Glade et al., 2005). No seu termo mais abrangente, os movimentos de vertente são considerados como movimentos gravíticos de uma massa de rocha ou solo, ao longo de uma vertente em que o centro de gravidade do material afectado progride para jusante ou para o exterior (Terzaghi, 1953; Varnes, 1978; Cruden, 1991; Zêzere, 2000).

## 2. Classificação de movimentos de vertente

A classificação dos movimentos descritos na literatura técnica e científica, é baseada em critérios como o tipo de mecanismo, a morfologia, o tipo de rotura, o tipo de material, a velocidade de avanço, o conteúdo em água, a idade, a geometria da área de rotura e/ou depósito resultante, as causas de rotura, o estado da actividade e a amplitude do movimento, (Varnes, 1978; Zêzere 2000).

Os grandes tipos de movimentos de vertente baseiam-se na classificação proposta por Varnes (1978) que foi adoptada pela *Working Party on World Landslide Inventory* (WP/WLI, 1993a) utilizando como critério o tipo de mecanismo como factor principal da descrição e o material afectado como factor secundário. De acordo com esta classificação foram apresentados cinco tipos principais de movimentos de vertente: desabamento, balançamento, deslizamento, expansão lateral, e escoada. Varnes (1978) propôs um sexto modo de movimento de vertente, que designou como “movimentos complexos”. Estes, são movimentos em que um dos movimentos a cima designados é seguido por um outro do mesmo tipo ou de categoria diferente. Para tais casos, o nome do tipo de movimento inicial deve ser seguido por um "traço" e, em seguida, o próximo tipo de movimento: por exemplo, queda de rochas - fluxos de detritos.

Dikau et al. (1996) propõem uma classificação adicional para os deslizamentos com base no tipo de plano de ruptura tangencial e na natureza do material afectado: (i) deslizamento rotacional, (ii) deslizamento translacional (Tabela 1).

**Tabela 1** – Classificação dos deslizamentos (Dikau et al., 1996)

Tipos de Deslizamentos	Tipos de Materias		
	Rocha	Detritos	Solo
Rotacionais	Simple	Simple	Simple
	Múltiplo	Múltiplo	Múltiplo
	Sucessivo	Sucessivo	Sucessivo
Com Ruptura Compósita	Deslizamento de rocha em bloco (block slide)	Deslizamento de detritos em bloco (block slide)	Deslizamento de solo em detritos (slab slide)
	Deslizamento de rocha (rock slide)	Deslizamento de detritos (debris slide)	Deslizamento lamacento (mudslide)
Translacionais			
Com Ruptura Planar			

## 2.1 - Desabamento

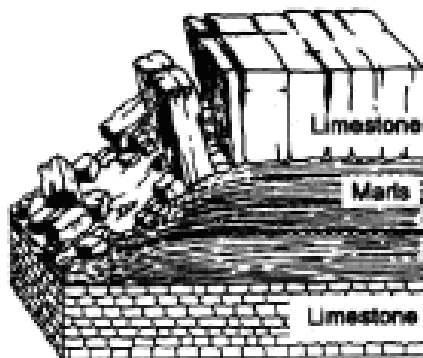
O desabamento (Figura 1) é definido como uma deslocação de solo ou rocha a partir de um escarpado, ao longo de uma superfície onde os movimentos tangenciais são nulos ou reduzidos. O material desloca-se predominantemente pelo ar, por queda, saltação ou rolamento (WP/WLI, 1993a; Zêzere, 2000). Trata-se de um movimento de massa brusco, caracterizado por uma elevada velocidade, em relação à queda livre que ocorre pelo menos em parte da deslocação (Nemcok et al., 1972; Záruba & Mencl, 1982, in: Zêzere, 2000; Varnes, 1978).



**Figura 1** – Esquema exemplificativo de desabamento (WP/WLI, 1993a)

## 2.2 - Balançamento

O balançamento (Figura 2) consiste na rotação de uma massa de solo ou rocha, a partir de um ponto ou eixo situado abaixo do centro de gravidade da massa afectada (WP/WLI, 1993a; Zêzere, 2000). O movimento verifica-se por influência da gravidade e pela acção de forças laterais, exercidas, quer por unidades adjacentes, quer por fluidos presentes em diaclases e fracturas (Varnes, 1978; Ayala, 1991, in: Zêzere, 2000). Este tipo de mecanismo é comum em massas rochosas com descontinuidades inclinadas de modo contrário ao declive da superfície topográfica (Romana, 1991, in: Zêzere, 2000), desenvolve-se lentamente e pode ou não evoluir para desabamento ou deslizamento, em função da geometria da massa afectada e da extensão e orientação dos planos de estratificação e/ou diaclases.



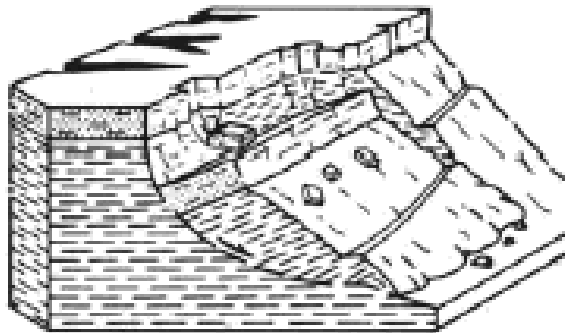
**Figura 2** - Esquema exemplificativo de balançamento (WP/WLI, 1993a)

## 2.3 Deslizamento

O deslizamento define-se como um movimento de solo ou rocha que ocorre predominantemente ao longo de planos de ruptura ou de zonas relativamente estreitas, alvo de intensa deformação tangencial (WP/WLI, 1993a; Zêzere, 2000). A massa deslocada durante o movimento permanece em contacto com o material subjacente não afectado, apresentando graus de deformação bastante variáveis, consoante o tipo de deslizamento. O tipo de ruptura, bem como a natureza do material afectado, constituem os critérios fundamentais para a subdivisão dos deslizamentos (Dikau, 1996).

### 2.3.1. Deslizamento rotacional

Os deslizamentos rotacionais (Figura 3) ocorrem ao longo de planos de ruptura curvos, em meios geralmente homogêneos e isotrópicos (Sirieys, 1984, in: Zêzere, 2000; WP/WLI, 1993a). A sua forma topográfica é característica: como o plano de deslizamento é côncavo, o movimento envolve uma rotação, materializada por um abatimento na parte montante do deslizamento e por um levantamento do seu sector frontal, formando depressões mais ou menos pronunciadas (Záruba & Mencl, 1982, in: Zêzere, 2000; Hutchinson, 1988). Estas depressões são favoráveis à retenção da água sob a forma de pequenos charcos, facto que determina frequentemente o prolongamento no tempo das manifestações de instabilidade. Quando existe água em abundância, a área de acumulação do deslizamento rotacional, normalmente muito fissurada, pode ser alvo de processos de escoada (Erskine, 1973, in: Zêzere, 2000; Varnes, 1978).



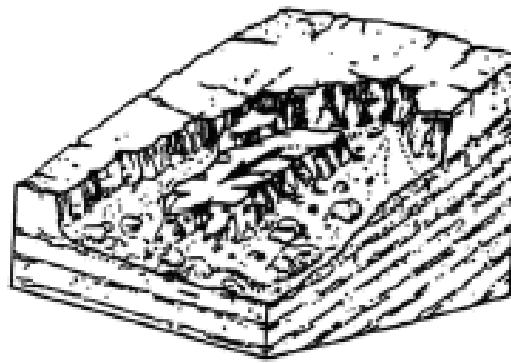
**Figura 3** - Esquema exemplificativo de deslizamento rotacional (WP/WLI, 1993a)

### **2.3.2 Deslizamento translacional com ruptura compósita**

Os deslizamentos translacionais com ruptura compósita encontram-se na transição entre os rotacionais e os translacionais mais típicos ou planares (WP/WLI, 1993a; Zêzere, 2000). Como a própria designação indicia, o plano de ruptura destes deslizamentos tende a apresentar duas secções: (i) forma circular ou planar com forte inclinação, a montante; (ii) estilo translacional e inclinação muito reduzida, a jusante. Segundo Hutchinson (1988), a geometria dos planos de ruptura destes deslizamentos condiciona o desenvolvimento de tensões internas na massa deslocada, acompanhado por movimentações diferenciais. A forte distorção interna tem reflexo numa topografia típica, com contra-escarpados e fossos (Bromhead, 1992; Ibsen et al., 1996, in: Zêzere, 2000).

### **2.3.3 Deslizamento translacional com ruptura planar**

Os deslizamentos translacionais com ruptura planar (Figura 4) são típicos de meios anisotrópicos e apresentam frequentemente um controlo estrutural evidente: o plano de ruptura desenvolve-se ao longo de superfícies de fraqueza, marcadas por uma resistência reduzida ao corte, como falhas, planos de estratificação, diaclases ou contacto entre uma cobertura detrítica e o substrato rochoso. Trata-se de deslizamentos pouco profundos, com planos de ruptura sensivelmente paralelos à superfície topográfica (WP/WLI, 1993a; Zêzere, 2000).

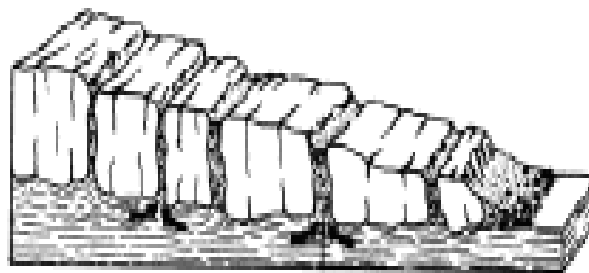


**Figura 4** - Esquema exemplificativo de deslizamento translacional com ruptura planar (WP/WLI, 1993a)

#### 2.4 - Expansão lateral

A expansão lateral (Figura 5) corresponde a uma deslocação natural de massas coesivas de solo ou rocha, combinada com uma subsidência geral no material mais brando subjacente, alvo de liquefacção ou escoada (WP/WLI, 1993a; Zêzere 2000). Este processo, marcado sempre pela ausência de rupturas basais bem definidas, apresenta características contrastadas conforme o tipo de material envolvido.

A expansão lateral em rocha é, geralmente, um movimento muito lento, resultante de deformações visco-plásticas profundas ligadas à tensão gravítica (Pasuto & Soldati, 1996, in: Zêzere, 2000). A expansão lateral em solos é um mecanismo extremamente rápido, responsável por situações de perigo declarado. O movimento é definido como o colapso de uma camada de solo a uma certa profundidade, seguido do assentamento das camadas sobrejacentes mais resistentes ou da ruptura progressiva de toda a massa afectada (Buma & Van Asch, 1996, in: Zêzere, 2000).



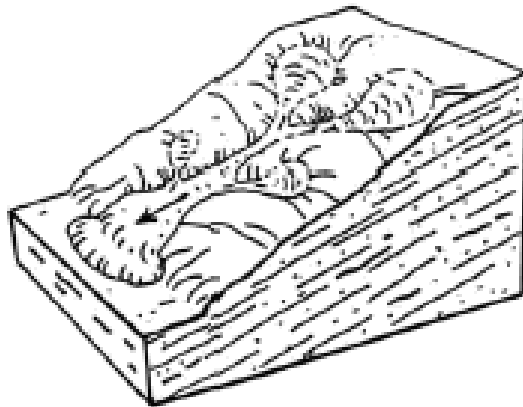
**Figura 5** - Esquema exemplificativo de expansão lateral (WP/WLI, 1993a)

## 2.5 - Escuada

A escoada (Figura 6) é um movimento espacialmente contínuo onde as superfícies de tensão tangencial são efémeras e frequentemente não preservadas. A distribuição das velocidades na massa deslocada assemelha-se à de um fluido viscoso. Geralmente, as escoadas estão intimamente relacionadas com os períodos de precipitação intensa e são condicionadas pela topografia do terreno (WP/WLI, 1993a; Zêzere 2000). As tensões distribuem-se por toda a massa afectada, provocando grande deformação interna dos materiais. As suas velocidades dependem do declive da vertente, da ausência ou presença de obstáculos, da viscosidade da massa instável, da forma do leito de escoamento e do volume da massa em movimento. Este tipo de movimento provoca um deslocamento diferencial, tanto em profundidade como lateralmente, devido à interacção da massa em deslocamento com o leito (Carson & Kirkby, 1975; Bromhead, 1992, in: Zêzere, 2000).

As escoadas de detritos, de tipo reptação, consistem numa mistura de material fino (areia, silte e argila) e material grosseiro (calhaus e blocos), com uma quantidade de água variável, formando uma massa que se desloca em direcção à base da vertente, normalmente por impulsos sucessivos induzidos pela força da gravidade e pelo colapso repentino dos materiais de suporte (Corominas et al., 1996, in: Zêzere, 2000). A reptação é caracterizada por um movimento muito lento e geralmente contínuo. O efeito de fluidificação pela água tem, em regra, um papel fundamental no desenvolvimento do processo (Varnes, 1978; Johnson & Rodine, 1984, in: Zêzere 2000). As escoadas mais típicas têm uma densidade elevada (a carga sólida ultrapassa, frequentemente, 50 % da massa do material) e seguem canais pré-existentes, na desembocadura dos quais o material se deposita sob a forma de cone ou leque (Johnson & Rodine, 1984; Sauret, 1987; Corominas et al., 1996, in: Zêzere, 2000). Dias (2006, in: URL1), classifica três tipos de reptação: (i) sazonal, em que a movimentação é afectada por variações sazonais da humidade e da temperatura do solo, (ii) contínua, em que as forças tangenciais superam continuamente as de resistência do material; e (iii) progressiva, em que as vertentes estão progressivamente a atingir o ponto de ruptura brusca.

A solifluxão é caracterizada pela lenta movimentação, da ordem de centímetros por dia ao longo de uma vertente do rególito saturado com água durante longos períodos, formando lobos típicos nas vertentes (Dias, 2006, in: URL1).



**Figura 6** - Esquema exemplificativo de escoada (WP/WLI, 1993a)

### **3. Estado de actividade dos movimentos de vertente**

O estado de actividade descreve o conhecimento acerca das datas de ocorrência dos movimentos de vertente, necessário para a distinção fundamental entre movimentos activos e inactivos (WP/WLI, 1993a). Esta distinção é complexa e baseia-se geralmente em decisões arbitrárias. Erskine (1973, in: Zêzere, 2000) utiliza uma classificação pela negativa, considerando como movimentos activos todos os que não apresentam sinais de estabilização. Cooke & Doornkamp (1990) reservam o termo activo para os movimentos verificados no passado recente e relativamente aos quais são esperadas reactivações no futuro próximo. Záruba & Mencl (1982, in Zêzere, 2000) relacionam o movimento activo com a idade e com a facilidade de reconhecer no terreno a frescura de formas ainda não degradadas pela erosão hídrica. Van Asch (1980, in: Zêzere, 2000), considera como activos todos os movimentos que registaram actividade durante um certo período de trabalho ou de observação.

Flageollet (1994) considera activos os movimentos com período de retorno inferior a um ano, subdivididos em contínuos ou intermitentes, conforme o carácter permanente ou não permanente das deslocações. Quanto aos movimentos inactivos, Varnes (1978) faz uma distinção entre os dormentes (período de retorno entre 1 e 1000 anos) e os estabilizados (período de retorno superior a 1000 anos). Os movimentos dormentes são considerados frequentes, moderadamente frequentes e pouco frequentes, em função da sua recorrência temporal (1 a 10 anos, 10 a 100 anos e 100 a 1000 anos, respectivamente).

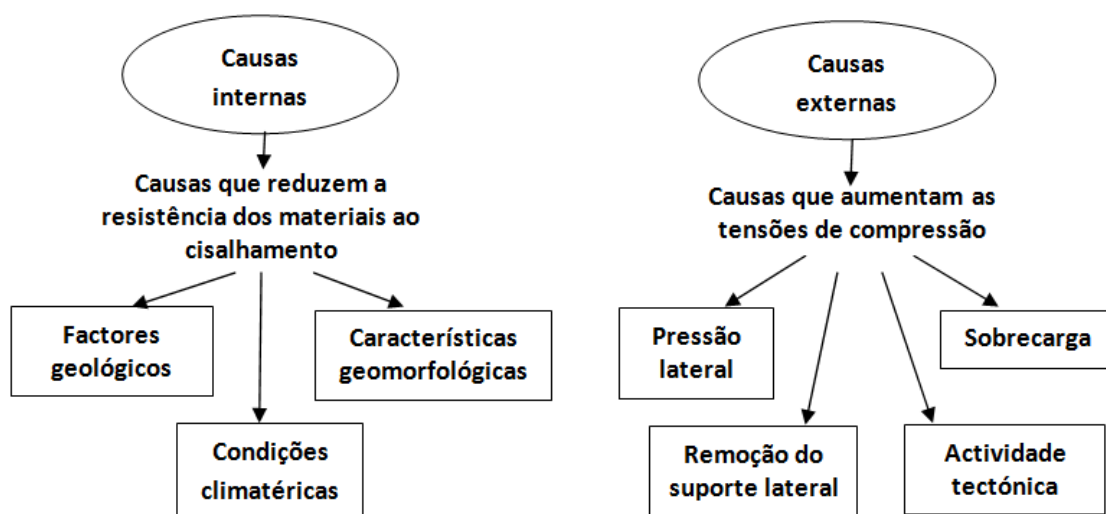
#### 4. Morfologia dos movimentos de vertente

A descrição e classificação da morfologia interna dos movimentos de vertente constituem um método fundamental para a interpretação da sua tipologia e dinâmica. As abordagens ao tema encontradas na literatura geomorfológica e geotécnica são bastante variadas e utilizam terminologias não uniformes, propostas por vários autores (Skempton & Hutchinson, 1969; Crozier, 1973; Pulinowa et al., 1977; Crozier, 1973; Cruden, 1980; Záruba & Mencl 1982, in: Zêzere, 2000; Varnes, 1978).

Á principal sistematização de nomenclatura dos elementos morfológicos dos movimentos de vertente foi proposta por Varnes (1978) e foi adoptada pela Comissão de *Landslides and other Mass Movements* da Associação Internacional de Engenharia Geológica. Em Anexo n.º I encontra-se o glossário da morfologia e as dimensões dos movimentos de vertente e a sua respectiva figura exemplificativa (WP/WLI, 1993b).

#### 5. Causas dos movimentos de vertente

Terzaghi (1950) classifica as causas dos movimentos de vertente em duas grandes categorias (Figura 7): (i) Causas internas - são as cedências das vertentes determinadas pela geologia, a morfologia e as condições climáticas; (ii) Causas externas – são determinadas por um aumento de tensão de compressão por meio de modificações mais ou menos evidentes da morfologia da vertente. Naturalmente, os factores pertencentes a essas duas categorias podem ser combinados em diferentes extensões de modo que não se encaixam em nenhuma classificação especial.



**Figura 7** – Causas internas e externas dos movimentos de vertente (Terzaghi, 1950)

## 5.1. Causas internas

### 5.1.1. Factores geológicos

Os factores geológicos constituem os principais condicionantes da ocorrência dos movimentos de vertente e destas, em primeiro lugar a litologia, que inclui a composição mineralógica e a textura da rocha ou sedimento, bem como a sua estrutura. Entre os tipos de sedimentos e de rochas sedimentares que mais facilmente sofrem alterações estruturais e se encontram sujeitas aos fenómenos de instabilidade, estão as argilas e os argilitos, tanto de origem primária bem como as derivadas da meteorização de materiais de diversas origens (Panizza, 1996). Além disso, a estrutura da formação envolvida também é muito importante. É, como exemplo, o caso das formações flysch, constituídas por camadas alternadas de tipos litológicos com características mecânicas diferentes, estando por isso sujeitas a deslizamentos generalizados e vastos. Também as descontinuidades, tanto primárias (planos de camadas) como secundárias (xistosidade e planos de foliação), desempenham um papel importante no comportamento dos materiais geológicos, especialmente no que diz respeito aos movimentos de vertentes, a atitude das camadas. Nomeadamente o pendor das camadas, se for no mesmo sentido do declive topográfico implica geralmente uma maior susceptibilidade ao fenómeno de deslizamento (Popescu, 1996, in: Zêzere, 2005; Panizza, 1996).

Também a deterioração progressiva e contínua das vertentes conduz à diminuição da coesão dos materiais constituintes (Panizza, 1996). Como consequência das condições hidráulicas no passado que causaram apenas pequenos movimentos, se o processo de desestabilização continuar poderá resultar numa ruptura das vertentes (*slope failure*).

### 5.1.2 - Características geomorfológicas

Panizza (1996) considera que o factor mais importante entre todas as características geomorfológicas é a geometria do declive com todos os seus elementos como a sua altura, o comprimento, a forma, o ângulo de inclinação e a rugosidade. A influência da declividade é bastante evidente no que diz respeito à estabilidade da vertente. As vertentes com inclinações mais acentuadas estão mais predispostas às alterações das suas formas, relativamente a vertentes de menor declividade. A forma das

vertentes é ainda importante no processo de distribuição da água no solo (Popescu, 1996, in: Zêzere, 2005).

### **5.1.3. Condições climáticas**

As condições climáticas têm um papel fundamental no início da ocorrência de movimentos de vertente. O mais importante é, sem dúvida a chuva. A precipitação deve ser considerada não só na sua intensidade pluviométrica, mas também na quantidade de chuva que chega ao solo e na sua acumulação durante um certo período de tempo. Se a velocidade de percolação é baixa, a duração da chuva assume uma importância preponderante para o desencadeamento do movimento. Pelo contrário, em solos caracterizados por elevada condutividade hidráulica, a função desempenhada pela intensidade das chuvas torna-se de extrema importância (Campbell, 1975, in: Panizza, 1996). O papel da água resulta principalmente do aumento da pressão controlada pela porosidade do solo e da variação do nível do lençol freático. Estes ciclos de alterações causadas pela água, determinam o enfraquecimento da coesão dos materiais que compõem a vertente. Chuvas intensas e concentradas num curto intervalo temporal serão particularmente eficazes no desencadeamento de movimentos espacialmente limitados, tais como os fluxos de detritos, deslizamentos de solo e fluxos de lama, enquanto que, as precipitações prolongadas podem dar origem aos fenómenos complexos de movimentos de vertente (Panizza, 1996).

### **5.2. Causas externas**

O aumento de cisalhamento é um processo que dá origem às alterações na geometria da vertente. Estes processos assemelham-se ao corte devido à erosão de um rio ou escavação para a construção de estradas, exploração de matérias-primas a céu aberto, perturbações que contribuem para a alteração da geometria da vertente. Os fenómenos no subsolo também podem alterar a geometria das vertentes através de, por exemplo, a formação de grandes cavidades, devido à dissolução (Panizza, 1996).

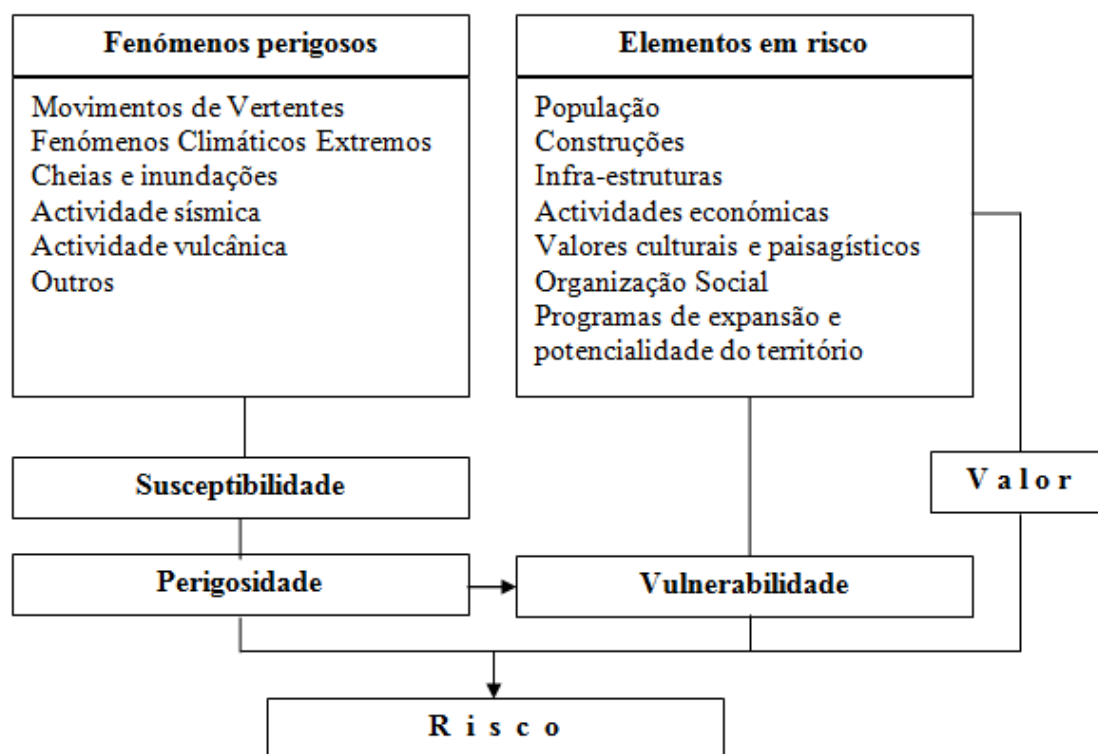
A sobrecarga pode ser um outro fenómeno que implica o aumento de tensão de cisalhamento. Este, pode acontecer devido a causas naturais, tais como a saturação do solo por chuva e a acumulação de materiais provenientes das avalanches, fluxos de detritos ou outros movimentos e tipos de vegetação, ou as actividades humanas como, por exemplo, a construção de aterros (Panizza, 1996).

Outro factor que pode favorecer o desenvolvimento de movimentos de vertente é a pressão lateral. A pressão lateral pode ser exercida através da percolação da água entre as linhas de contactos do solo, assim como à dilatação devido à hidratação que pode induzir consideráveis pressões laterais. A actividade neotectónica pode ser uma causa directa dos movimentos de vertente.

O efeito da vegetação na estabilidade de taludes é duplo. Se, por um lado promove a estabilidade, reduzindo a acção de agentes climáticas nas vertentes, protegendo o solo da precipitação, do vento e do sol (Prandini et al., 1977, in: Panizza, 1996), por outro, a presença de vegetação pode originar efeitos negativos, aumentando a carga nas vertentes (Varnes, 1984).

## 6. Modelo conceptual de Risco

A definição oficial dos termos utilizados na avaliação de risco foi estabelecida numa convenção internacional organizada pela *United Nations Disaster Relief Coordinator* (UNDRO, 1979), como se encontra ilustrado na Figura 8, através do modelo conceptual adoptado por Panizza (1990) e desenvolvido posteriormente por Zêzere (2007).



**Figura 8** – Modelo conceptual do risco (adaptado de Panizza, 1990)

O modelo conceptual de risco, destaca alguns dos seguintes elementos fundamentais (Garcia & Zêzere, 2003; Zêzere et al., 2006):

- a) A Perigosidade, entendida como a probabilidade de ocorrência (avaliada qualitativa ou quantitativamente) de um fenómeno com uma determinada magnitude (a que está associado um potencial de destruição), num determinado período de tempo e numa dada área;
- b) A susceptibilidade ao risco traduz-se na possibilidade da ocorrência de um fenómeno natural causado pelo factor de instabilidade do ambiente face aos processos geológicos ou aos processos induzidos pela actividade antrópica sem afectar os elementos em risco;
- c) Os elementos em risco (ou elementos vulneráveis), são representados pela população, equipamentos, propriedades e actividades económicas vulneráveis num território;
- d) A Vulnerabilidade, correspondente ao grau de perda de um elemento ou conjunto de elementos vulneráveis, resultante da ocorrência de um fenómeno (natural ou induzido pelo Homem) com determinada magnitude ou intensidade.
- e) O Risco exprime a possibilidade de ocorrência, e respectiva quantificação em termos de custo, de consequências gravosas, económicas ou mesmo para a segurança das pessoas em resultado do desencadeamento de um fenómeno natural ou induzido pela actividade humana.

## 7. Objectivo e motivação do trabalho

O presente trabalho foi motivado pelos problemas gerados por movimentos de vertente observados continuamente desde há anos atrás no território de Timor-Leste, particularmente na região do subdistrito de Bobonaro (Figura 9). Ao longo do tempo, têm ocorrido frequentemente movimentos de vertente na região, devido às chuvas acompanhadas por rajadas de vento, cuja designação local é “*udan kalan hitu laron hitu* = chuvas sete noites e sete dias” concentradas nos meses de Janeiro a Abril. Este processo natural tem vindo a acumular danos com impactes negativos directos e indirectos nas populações, nas casas de habitação, nas hortas, nos equipamentos e nas infra-estruturas e na própria segurança de vida das pessoas, embora não se tenha registado vítimas humanas nos últimos 100 anos, confirmado por inquérito aos

habitantes locais. No entanto estes eventos associados a catástrofes ficaram enraizados na toponímia e na cultura dos habitantes locais. Exemplos de nomes atribuídos aos locais em conformidade com os movimentos de vertente como “*gita mal* = deslizamento de terra”, “*opal* = queda de rochas”, “*sarimbele* = movimento divergente de terra”, “*luan khou* = queda de bloco de argila”. É face a esta vulnerabilidade das populações e bens materiais à ocorrência de movimentos de vertente que se propõe fazer o presente estudo com o objectivo de contribuir para o ordenamento do território.



**Figura 9** – Geomorfologia do local onde ocorreram movimentos de vertente há mais de 100 anos com danos materiais e vítimas humanas. Um local muito povoado. Após a catástrofe foram estabelecidos novos locais para povoamento a Sul (Malilait) e a Norte (Taimea e Grotu). A estrada foi construída em 1918, e em 1969 já não se podia circular. Presentemente não se encontram as ruínas/vestigios dessa estrada (Foto: Vitor Murteira, 1969).

Com base nos conhecimentos teóricos e práticos pretendemos dar um contributo para a identificação das zonas de vulnerabilidade e das zonas de riscos à ocorrência de movimentos de vertente. Uma outra motivação para o presente trabalho, é o esforço para contribuir para o enriquecimento de trabalhos e estudos científicos na área de riscos naturais com utilidade para o ordenamento de território no país recém independente de Timor-Leste.

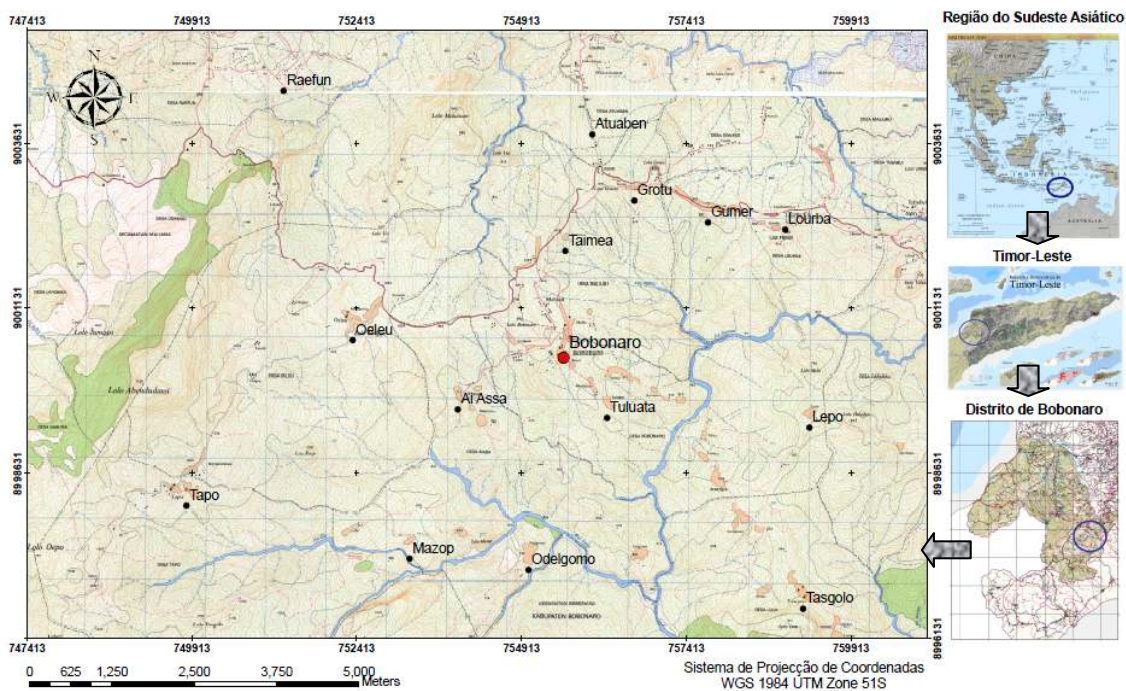
Assim o presente trabalho tem como objectivos: (i) A elaboração de uma cartografia geomorfológica onde são identificadas áreas de susceptibilidade e de risco à ocorrência de movimentos de vertente; (ii) A caracterização dos tipos de movimentos de vertente; (iii) Sugerir medidas de ordenamento territorial com base nos resultados do presente trabalho.

## CAPÍTULO II

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 1. Localização geográfica e organização do território

Timor-Leste situa-se no Sudeste Asiático, a noroeste da Austrália, no arquipélago das Ilhas de Sonda na ponta oriental do arquipélago indonésio, ocupando metade oriental da ilha de Timor, o enclave de Oecussi-Ambeno, a ilha de Ataúro e o ilhéu de Jaco (Figura 10). As suas coordenadas geográficas estão compreendidas entre os paralelos 08°07'00" e 09°28'00" de latitude sul e os meridianos 124°02'002" e 127°22'00" de longitude leste.



**Figura 10** – Localização da área de estudo (Fonte: BAKOSURTANAL (1993); URL2;URL3)

Timor-Leste foi uma colónia portuguesa até 1975, conhecida por Timor Português. Tornou-se independente na altura, e três dias depois foi invadida e anexada pela Indonésia que a passou a considerar como a sua 27.<sup>a</sup> província com o nome de “*Timor-Timur*”. Durante o período da ocupação, Timor permaneceu considerado oficialmente pelas Nações Unidas como território português por descolonizar até 1999. Em 30 de Agosto de 1999, cerca de 80% do povo timorense optou pela independência

através do sufrágio universal organizado pela Organização das Nações Unidas, e dois anos depois restaurou a sua independência em 20 de Maio de 2002 (URL4).

Timor-Leste está subdividido em 13 distritos administrativos, herdando os limites dos 13 concelhos existentes durante os últimos anos do Timor Português. O País é também formado por 67 subdistritos, conhecidos como Postos Administrativos no período português e divididos posteriormente em dois níveis locais, com unidades de liderança tradicional designados por Sucos num total de 442 e 2225 Aldeias (Diploma Ministerial, N.º 199/GM/MAEOT/IX/09 de 15 de Setembro de 2009).

Actualmente, o governo de Timor-Leste com base na Lei N.º 11/2009 de 7 de Outubro, pretende estabelecer unidades de Poder Local, fundindo a presente divisão territorial informal, a nível distrital e subdistrito, para se formarem em novas unidades administrativas consolidadas e eficientes ao nível distrital designadas por municípios. O processo ainda está em curso esperando-se que dentro de um curto prazo se realizem as primeiras eleições municipais.

A área de estudo (Figura 10), situa-se na região de Bobonaro que pertence ao subdistrito de Bobonaro, Distrito de Bobonaro com coordenadas entre os paralelos 09°00'00" e 09°07'30" de latitude sul e os meridianos 125°15'00" e 125°22'30" de longitude leste e a uma altitude média de 900 metros acima do Nível Médio do Mar (NMM).

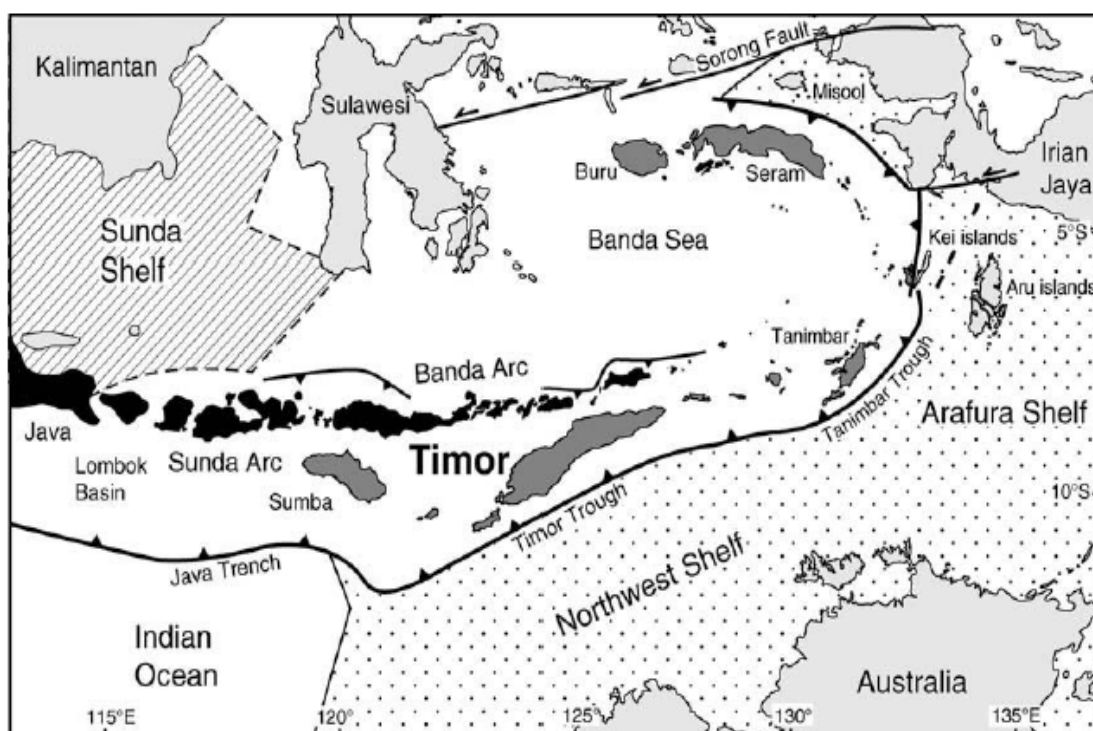
## **2. Geologia**

### **2.1. Trabalhos anteriores e enquadramento geológico regional**

A Ilha de Timor está localizada no sul do Arco de Banda fazendo parte da actual zona de colisão entre a margem norte da Austrália e os arcos insulares asiáticos (Figura 11). A sua estrutura e evolução é considerada como um exemplo de colisão activa arco-continente, que não é só de interesse local, mas também no estudo de modelos de antigas zonas de colisão análogas (Charlton et al., 1991). No entanto, Timor-Leste é ainda muito pouco conhecido geologicamente.

O primeiro estudo geológico conhecido em Timor-Leste foi realizado por Hirschi (1907). Estudos posteriores, principalmente relacionados com a exploração de petróleo realizaram-se durante a primeira metade do século XX, nomeadamente por F. Weber, em 1910/1911 (Charlton et al., 2002). Os estudos de referência com cartografia geológica são os de Audley-Charles (1965, 1968), Leme (1963, 1968) e Leme & Coelho

(1962), que retomaram os trabalhos iniciados e anteriormente realizados por Grunau (1953, 1957) e Gageonnet & Lemoine (1957, 1958). A investigação geológica realizada em Timor-Leste pela “*University of London Southeast Asia Research Group*” foi interrompida durante o período de ocupação indonésia, embora tenham sido publicados documentos científicos durante este período, com base no trabalho de campo realizado anteriormente (Barber & Audley-Charles, 1976; Barber et al., 1977; Barber et al., 1986; Berry & Grady, 1981; Berry & McDougall, 1986; Charlton et al., 1991).

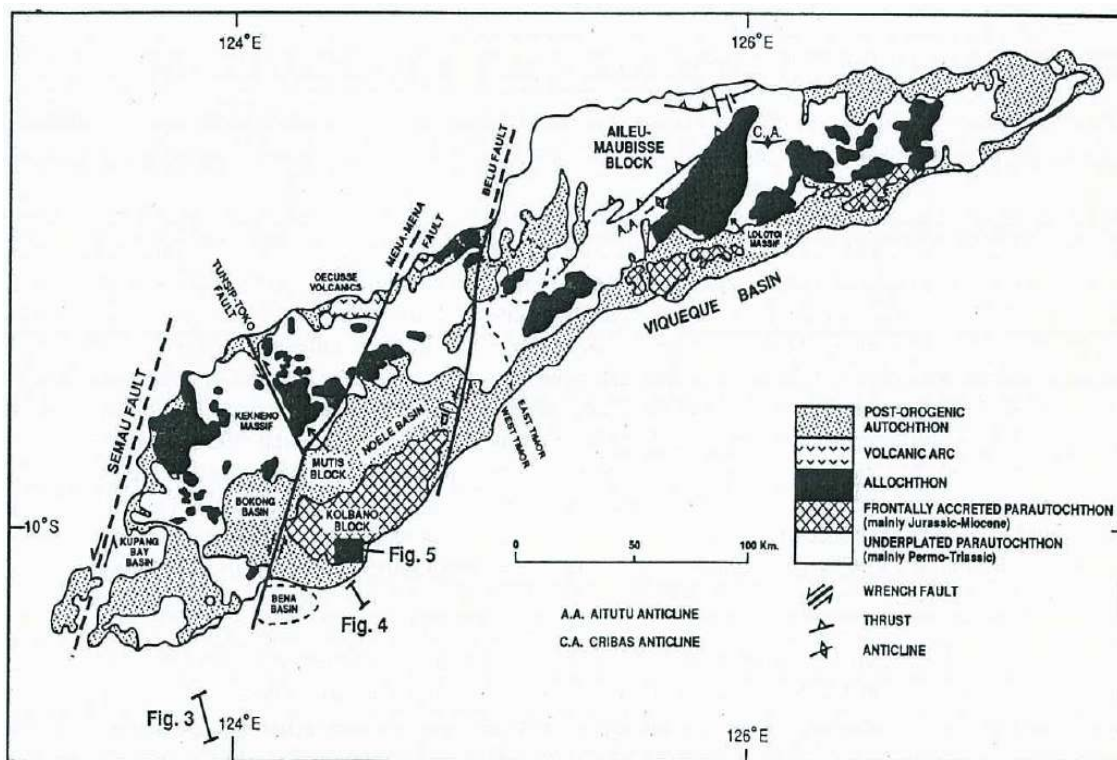


**Figura 11** - Localização da ilha de Timor em relação ao Arco de Banda, Austrália e Plataforma da Sunda (Eurásia): as ilhas vulcânicas do arco (a preto); ilhas do arco exterior (cinzento escuro); plataforma continental australiana (ponteadada); plataforma continental de Sunda (tracejada) (Charlton, 1991).

Durante o período de anexação, foi realizado pouco trabalho geológico de campo, exceptuando os trabalhos realizados por Harris e os seus colegas de trabalho (Harris, 1991; Hunter, 1993; Prasetyadi, 1995; Prasetyadi & Harris, 1996; Harris et al., 1998), Reed et al., (1996) e pelo “*Indonesian Geological Research and Development Centre*”, Bandung, que publicou os mapas geológicos de Díli, Baucau e de Timor-Leste na escala de 1:250.000, com base no mapa geológico de Audley-Charles (1968), e alguns trabalhos adicionais de campo.

Nos últimos anos, foram realizados importantes estudos geológicos em Timor-Leste (Harris & Long, 2000; Charlton, 2001, 2002; Charlton et al., 2002) vocacionados, em geral, para evolução tectónica do território.

Timor tem sido frequentemente descrito em termos de elementos estruturais para-autóctones, alóctones e autóctones (Charlton, 1991), representados na Figura 12.



**Figura 12** - Mapa estrutural de Timor. O complexo de Bobonaro aflora principalmente nas áreas assinaladas como para-autóctones, mas também localmente no alóctone. Adaptado de Audley-Charles (1968) e Rosidi (1981), com dados adicionais de Kenyon (1974); Berry & Grady (1981) e Bird et al., (1989).

### 2.1.1. Sistema para-autóctone

O sistema para-autóctone de Timor é o maior componente da ilha, maioritariamente de idade permo-triássica e, em geral, associado com material da margem do continente australiano, carreado no sentido da Austrália durante a colisão arco-continente. Integram-no as formações de Maubisse e Aileu, constituindo a primeira, uma sequência pérmica predominantemente calcária, que aflora amplamente na ilha de Timor, enquanto que, a Formação de Aileu é restrita ao canto NW de Timor-Leste. Audley-Charles & Harris (1990) e outros (Crostella & Powell, 1976; Grady & Berry, 1977; Chamalaun & Grady, 1978; Hamilton, 1979, etc.) indicam que a Formação

de Maubisse, segundo a sua localização paleogeográfica teve origem na margem continental australiana e manteve-se localizada no seu flanco noroeste até à colisão arco-continente no Neogénico. As relações litotectónicas entre as formações pérmicas de Maubisse e de Aileu, estratigraficamente associadas, são ainda mal conhecidas e definidas.

Segundo Charlton (1991), também a sequência da Formação de Aitutu (Triássico) constituída por xistos argilosos e calcários, e da Formação de Wailuli (Jurássico) constituída por xistos argilosos, calcários, margas, siltes e arenitos, são ambas, elementos da sucessão para-autóctone da margem continental australiana. Barber, Audley-Charles & Carter (1977) associam igualmente ao sistema para-autóctone, a Formação de Cribas, sequência pérmica constituída por xistos argilosos micáceos, siltíticos e calcários.

O complexo de Lolotoi (pré-Pérmico), formado por rochas sedimentares e eruptivas de baixo grau de metamorfismo, é também considerado por Charlton (2002), do sistema para-autóctone, como parte do soco continental australiano envolvido no complexo de colisão arco-continente, por carreamento profundo, representando o soco pré-colisão do arco externo de Banda.

### **2.1.2. Sistema alóctone**

Segundo Audley-Charles (1986) o sistema alóctone compreende uma série de “*nappes*” complexos com deslocamento para Sul e originados na zona de subducção como parte do arco externo de Banda. O alóctone de Timor inclui a Formação de Ainaro Gravels (Pliocénico e Pleistocénico), constituída por conglomerado, cascalho e areia, a Formação Vulcânica de Barique (Oligocénico), constituída por tufos, brechas vulcânicas, basaltos e conglomerado, e a Formação de Cablac (Miocénico) predominantemente calcária (Audley-Charles, 1968, 1986; Audley-Charles & Carter, 1972; Barber & Audley-Charles, 1976; Carter et al., 1976; Haile et al., 1979; Earle 1981; Rosidi et al., 1981; Harris, 1989; Tobing, 1989; Charlton et al., 1991). Estas unidades pertencem a uma sequência estratigráfica completamente distinta da sequência do para-autóctone de Timor.

O Complexo de Bobonaro ou Bobonaro Scaly Clay (Audley-Charles, 1965, 1968) ou Complexo de Bobonaro (Rosidi et al., 1981) é interpretado como um depósito olistostroma fazendo parte do sistema alóctone. Com base na idade dos clastos inclusos,

mais recentes (Miocénico inferior) e na idade dos mais antigos sedimentos sobrejacentes (Formação de Viqueque do Miocénico superior), a idade do olistostroma Bobonaro Scaly Caly foi determinada como Miocénico Médio ou possivelmente Miocénico Superior. É sobretudo nas proximidades dos Calcários de “fato” (Leme, 1968) do Grupo de Ossu-Bagua e na Costa Sul, onde se apresenta com maior espessura.

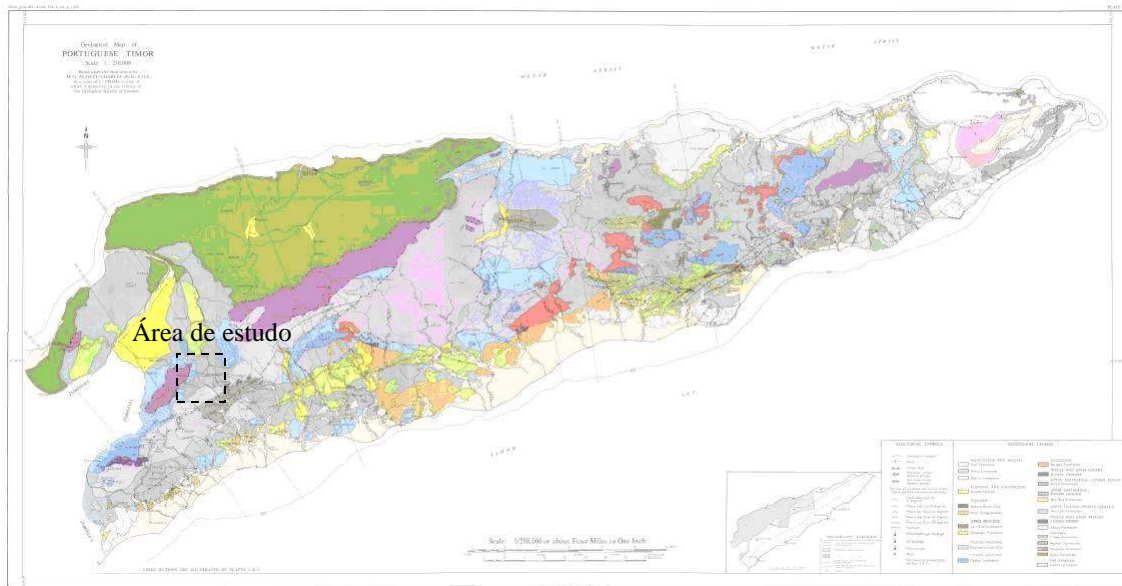
### 2.1.3. Sistema autóctone

O autóctone de Timor, segundo Audley-Charles (1968) compreende formações do Cretácico superior a recentes:

- Formação Waibua e Calcário de Boralo, do Cretácico superior, a primeira constituída por radioloritos, xistos argilosos, chertes e calcilutitos, a segunda por calcilutitos, biocalcarenitos e chertes;
- Formação de Viqueque (Miocénico superior), constituída por conglomerados basais, arenitos, siltitos, argilitos, margas e calcretos;
- Calcário de Lari Guti (Miocénico);
- Depósitos detríticos pliocénicos deltaico-marinheiros, pouco significativos em extensão geográfica, predominantemente conglomeráticos (Conglomerados de Dilor) ou lutíticos cascalhentos com clastos grosseiros (“*Seketo Block Clay*”);
- Unidades do Pleistocénico a recentes, de recifes de coral emersos (Calcário de Baucau), calcário lacustre (Calcário de Poros) e aluviões costeiras (Formação de Suai).

## 2.2. Geologia da área de estudo

Relativamente à geologia onde se enquadra a área de estudo não existe uma cartografia geológica recente e actualizada. Assim, utilizou-se a cartografia geológica de Audley-Charles (1965, 1968) na escala 1:250 000 (Figura 13). Foram identificadas quatro formações geológicas na área de estudo, nomeadamente, a Formação de Maubisse, a Formação de Aitutu, a Formação de Wailuli e o Complexo Argiloso de Bobonaro ou Bobonaro Scaly Clay.



**Figura 13** - Mapa Geológico de Timor-Leste na escala 1:250 000 (Audley-Charles, 1965, 1968)

### 2.2.1. Formação de Maubisse

Gageonnet & Lemoine (1958) e Audley-Charles (1968) identificaram os principais afloramentos da Formação de Maubisse em Timor-Leste, principalmente na faixa do Monte de Ramelau e Montanha de Lacouse. Hunter (1993), em estudos recentes sobre a estrutura e estratigrafia de Formação de Maubisse dividiu-a em três fácies: (i) calcário e xisto argiloso, (ii) basalto e (iii) rochas vulcanoclásticas. Os afloramentos calcários da Formação de Maubisse constituem penhascos íngremes, de identificação muito clara na paisagem.

Perto da crista da montanha de Lacouse (W da área de estudo) encontram-se relações de contacto nítidas, entre basalto e calcários, onde, as *pillow lavas* são cobertas por calcários fossilíferos, com um conglomerado basal de seixos de basalto.

### 2.2.2. Formação de Aitutu

A Formação de Aitutu é constituída por xistos e arenitos, de fácies “*flysch*”. Os sedimentos que deram origem a estas rochas foram depositados em águas profundas durante o Triássico médio a superior.

As observações efectuadas por Gageonnet & Lemoine (1958) nas regiões de Cribas-Paulaca e de Ainaro-Maubisse levaram a estabelecer a seguinte sucessão estratigráfica na Formação de Aitutu:

- a) Flysch inferior (espessura mínima de 1000 metros), muito pouco fossilífero, provavelmente do Triássico médio com predominância de xistos, margas, calcários e grés;
- b) Série calcária média (800 metros), muito fossilífera, com formas de *Halobia* (bivalve), *Monotis* (bivalve) e *Amonites* (cefalópode) do Noriano (Triássico Superior) e do Liásico; É caracterizada por bancos de calcário margoso, mais ou menos espessos, inter-estratificados com xistos e margas sempre muito dobrados e partidos;
- c) *Flysch* superior (2000 metros de espessura no mínimo) pouco fossilífero de idade liásica ou pós liásica. É caracterizado por alternância de leitos de grés micáceos e de xistos argilo-margosos.

Difícilmente se conseguem distinguir as relações estratigráficas entre as três séries anteriormente descritas, devido às suas semelhanças litológicas, escassez de fósseis e deformação tectónica muito complexa em quase toda a sucessão.

### 2.2.3. Formação de Wai Luli

A Formação de Wai Luli de idade Triássico Superior a Jurássico Médio, é constituída predominantemente por xistos argilosos, por vezes avermelhados, nela ocorrendo também, arenitos, calcarenitos, margas e siltes. A sua espessura varia entre 600 e 1000 metros. As litologias anteriormente referidas distribuem-se do modo seguinte: (i) margas com pontuações cinzentas azuladas e calcilutitos, na base, (ii) xistos micáceos e calcilutitos, na parte intermédia e, (iii) margas, xistos e arenitos quartzosos, na parte superior. No topo ocorre um conglomerado grosseiro que contém elementos rolados, provenientes da Formação de Aitutu (Audley-Charles, 1968; Leme, 1968).

### 2.2.4. Formação de Bobonaro Scaly Caly

A Formação de Bobonaro Scaly Clay, atribuída ao Miocénico Médio, possui espessura variável desde uma delgada película, até mais de 2000 metros. Aflora nas regiões de Oecussi, Balibo-Atabae, na grande mancha de Bobonaro. Ocorre em faixas ao longo da Costa Sul e largas áreas da metade oriental de Timor-Leste. O Complexo Argiloso é, como o seu nome indica, essencialmente constituído por argilas mal consolidadas de cores variadas, incluindo, uma mistura extremamente heterogénea de blocos rochosos, por vezes de grandes dimensões (chegam a atingir 500 metros de diâmetro), bem como litoclastos angulosos de origens diversas (Audley-Charles, 1965,

1968; Leme, 1968). Esta mistura argilo-detrítica, caótica e extremamente heterométrica, onde ocorrem ocasionais leitos finos de argila, é revelada em todas as sondagens que atravessam a Formação de Bobonaro Scaly Clay (Audley-Charles, 1961).

Os litoclastos que ocorrem na Bobonaro Scaly Clay, pertencem a todas as formações geológicas existentes em Timor, de idade até ao Miocénico Inferior. Assim, encontram-se fragmentos de xistos metamórficos, calcários com crinóides do Pérmico carreado, arenitos, xistos argilosos e calcário de série para-autóctone do Pérmico ao Jurássico, chertes e rochas calco-siliciosas do Cretácico, calcários do Eocénico e, menos frequentemente, clastos de rochas eruptivas diversas e calcários duros e maciços da unidade Calcário de Cablac, também designados por Calcários de “*fato*”, termo local atribuído às montanhas calcárias de paredes quase sempre abruptas que predominam a paisagem (Leme, 1968).

Audley-Charles (1965), identificou grandes acumulações de argilas, em que predomina a argila bentonítica, com uma média de 35% de esmectite. As argilas esmectíticas também são relatadas por Rosidi (1975, in: UNESCAP, 2002) que se refere à textura tipo pipoca (*popcorn*), típica de bentonite, consequência de períodos sucessivos de humedecimento e secagem. As argilas variam muito em cor, mas o carácter esmectítico é predominante.

### 2.3. Tectónica

A tectónica de Timor é complexa, tendo vindo a ser objecto de investigação desde o século passado, particularmente devido à pesquisa petrolífera, pelo que várias teorias têm sido propostas para a evolução tectónica da ilha (Audley-Charles, 1968; Chamalaun & Grady, 1978; Barber, 1979; Hamilton, 1979; Harris, 1991; Charlton, 2000).

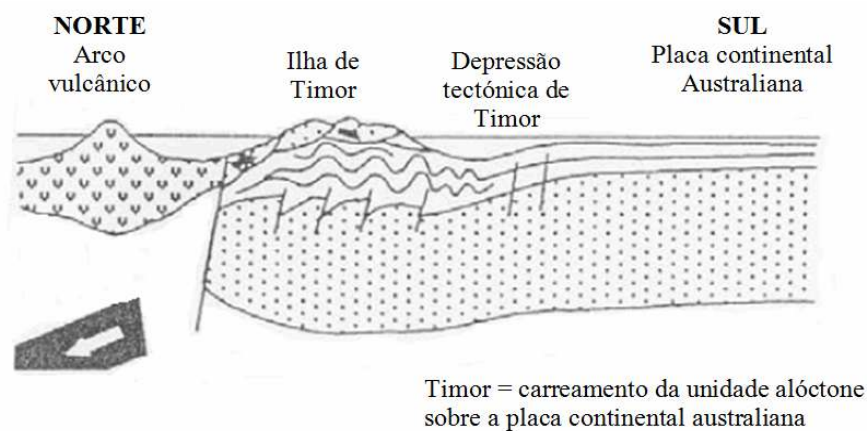
Em consequência da complexidade estrutural, vários modelos foram propostos para tentar explicar a evolução tectónica de Timor. Destacam-se três modelos principais, com variações, descritos geralmente, como modelo de carreamento (*overthrust*), modelo imbricado (*imbricate*) e modelo de ressalto (*rebound*).

#### 2.3.1. Modelo de sobreposição ou carreamento (*overthrust*)

O modelo foi desenvolvido a partir dos primeiros trabalhos sobre a geologia da superfície de Timor (e.g., Wanner, 1956), com base na exposição do material alóctone

em mantos de carreamento. Os seus proponentes sugeriram uma origem alóctone para o material oceânico e continental carreado da placa Euro-asiática, para a margem continental australiana durante o processo de colisão (e.g., Audley-Charles, 1968; Audley-Charles & Carter, 1972; Carter et al., 1976; Barber et al., 1977).

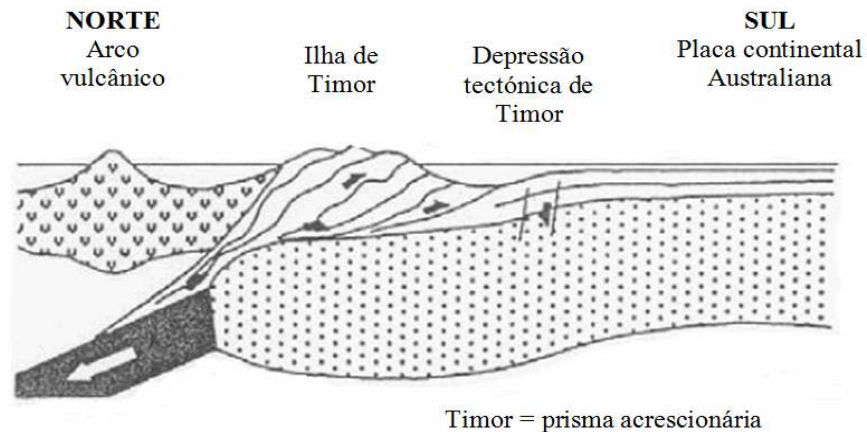
A justificação tradicional para este modelo (Figura 14) foi a justaposição de rochas de diferentes tipos e origem, frequentemente com a mesma idade (Bowin et al., 1980). Grady & Berry (1977) entre outros, questionaram a validade do modelo devido à ausência de evidências de planos de carreamento basais, no campo.



**Figura 14** - Modelo de carreamento (Audley-Charles, 1968)

### 2.3.2. Modelo imbricado (*imbricate*)

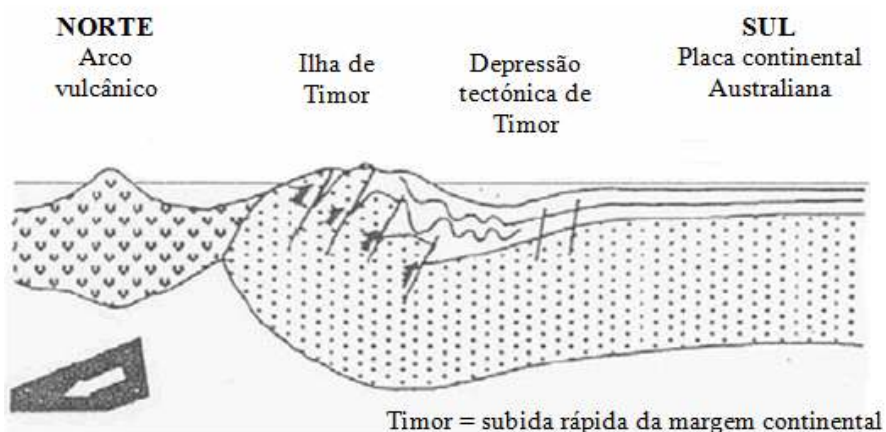
Neste modelo (e.g., Fitch & Hamilton, 1974; Hamilton, 1979), Timor é interpretado como acumulação de material alóctone e para-autóctone imbricado numa série de carreamentos justapostos, na margem cavalgante (*hanging wall*) duma zona de subducção manifesta à superfície, na depressão tectónica de Timor (*Timor trough*) (Figura 15). Hamilton (1979) salienta o que interpretou como natureza caótica de Timor, como uma mistura tectónica (*mélange*), a Bobonaro Scaly Clay, constituindo uma matriz de suporte a secções estratigráficas mais coerentes.



**Figura 15** – Modelo imbricado (Hamilton, 1979)

### 2.3.3. Modelo ressalto (*rebound*)

Neste modelo, supostamente, os sedimentos da cunha acrescionária foram quase inteiramente derivados da sequência cratônica da placa australiana (Grady, 1975; Grady & Berry, 1977; Chamalaun & Grady, 1978). Da separação da litosfera continental da litosfera oceânica já em subducção, terá resultado o levantamento de Timor por ressalto isostático, controlado por falhas de elevado pendore (Figura 16). O modelo interpreta toda a estratigrafia aflorante de Timor como para-autóctone, estando a transferência de material através do limite de placas limitada ao movimento de massa do olitostroma descrito como Bobonaro Scaly Clay (Chamalaun & Grady, 1978; Harris et al., 1998).



**Figura 16** – Modelo ressalto (Chamalaun & Grady, 1978)

Inerente ao modelo ressalto é o pressuposto de que porções oceânicas e continentais da crosta Indo-australiana se separam na zona de colisão. A flutuabilidade

da placa continental causou a sua rápida subida e a da parte norte de Timor e, possivelmente, provocando reactivação de falhas pré-existentes, enquanto a parte separada da placa foi absorvida para o interior do manto (Milsom, 2001). Juntamente com esse levantamento, a Bobonaro Scaly Clay sofreu um escorregamento por gravidade, deslocando-se para sul ao longo da margem continental. Este modelo sugere um contacto muito inclinado entre a crosta oceânica do arco insular e a crosta ao sul, o que foi confirmado por uma acentuada anomalia de gravidade positiva para norte, na costa norte de Timor (Chamalaun et al., 1976).

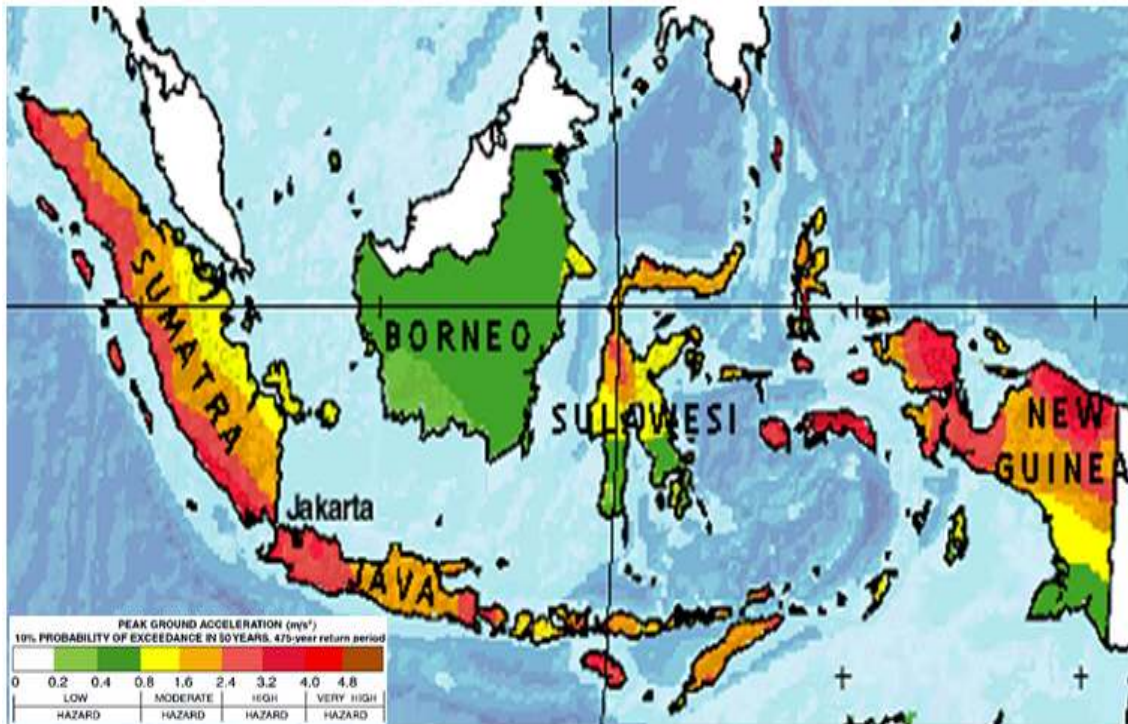
De acordo com Charlton (2002), o arco externo da Banda constitui uma zona de interacção entre a extremidade NW do continente australiano e um antigo arco insular (sistema de subducção) relacionado com a margem continental asiática de Sunda. O arco externo, incluindo a ilha de Timor, segundo o mesmo autor, corresponde a um carreamento imbricado de sequências da margem continental australiana, estruturalmente sobrepostas por elementos crustais derivados do arco externo pré-colisional.

#### **2.4. Sismicidade**

Os arcos insulares da Indonésia onde se inclui Timor localizam-se na junção das placas Austrália e Eurásia e constituem uma das regiões sísmicas mais activas do mundo, integrantes do Anel de Fogo do Pacífico. O imenso arco insular da Grande e Pequena Sunda, de Sumatra a Timor, no ponto mais distante a sul, constitui uma importante fonte de sismicidade relacionada com subducção de placas.

A Figura 17 mostra a parte referente à região da Indonésia, do mapa de perigosidade (*hazard*) sísmica global (GSHAP. in: URL5). A perigosidade sísmica (PS) é expressa como pico de aceleração no solo (PGA), em  $m/s^2$ , expectável de ser ultrapassado num período de 50 anos com probabilidade de 10%. É assim entendida basicamente, como o grau de agitação no solo provocada por um sismo expectável num determinado lugar, durante um determinado intervalo de tempo. Assume-se que a construção é sobre a rocha sólida e que importa uma agitação relativamente rápida (período 0,2 segundos), uma frequência que afecta fortemente as casas comuns. Solos e períodos diferentes são importantes para determinar o exacto risco sísmico de uma estrutura particular. Uma estrutura de *design* moderno e construção sólida pode

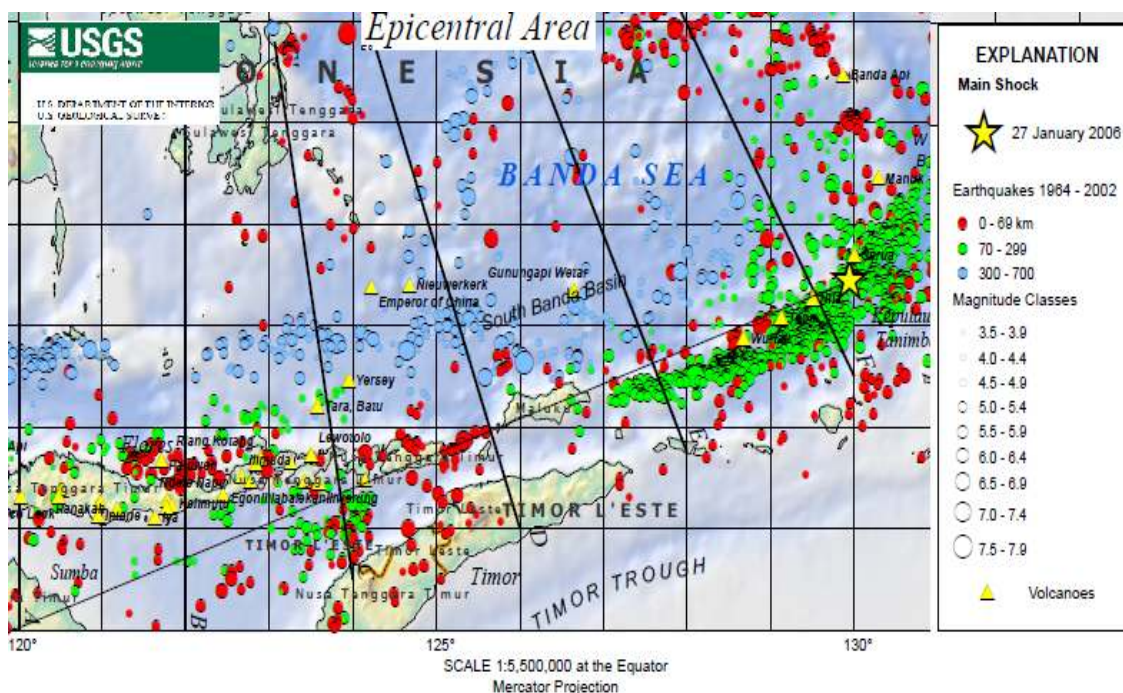
sobreviver a esse grau de agitação, embora as construções possam vir a necessitar de serem derrubadas mais tarde.



**Figura 17** – Programa de Avaliação Global de Perigosidade Sísmica (GSHP). A escala de cores vai desde PS muito baixa (branco) a cerca de metade da aceleração da gravidade (castanho-avermelhada). (Fonte: URL5).

Verifica-se que à área de Timor-Leste corresponde uma PS moderada, na quase generalidade do território, excepto na região oeste do território, sobretudo litoral e, na ponta leste do país, áreas onde a PS passa a elevada.

A observação da Figura 18 permite constatar que os epicentros dos sismos registados (período 1964-2002) no território de Timor Leste e na sua envolvente mais próxima são superficiais (0 – 69 km), incidindo na ponta leste do território com magnitudes de 5.0 - 5.4 ou inferiores e, na região oeste, onde foram mais frequentes no período considerado. Nos epicentros desta área registaram-se também magnitudes mais elevadas (até 6.4). Constata-se que na proximidade da área em estudo há registo de epicentros com magnitude inferior a 4.9.



**Figura 18** - Epicentros Sísmicos na região do Arco da Banda (Fonte: URL6)

A tectónica da região sísmica é determinada pelo movimento para norte, da placa australiana, em relação à placa de Sunda, a cerca de 70 mm / ano. O movimento relativo da Austrália em direcção ao interior da placa de Sunda impulsiona o movimento de pequenas placas que se situam entre a placa da Austrália e o interior da placa de Sunda. Até recentemente, em tempo geológico, houve subducção da placa Austrália sob a placa de Timor na depressão de Timor. Em tempo geologicamente recente, a subducção para norte, da Austrália sob a placa de Timor tem cessado em grande parte e o movimento para norte da placa da Austrália em relação à placa de Sunda é agora acomodado substancialmente, pela subducção para sul, da Placa do Mar de Banda sob a placa de Timor, no bordo norte da placa de Timor. A placa subductada da Austrália, no entanto continua a ser intensamente sísmica, provavelmente por causa de altas tensões que são geradas pela distorção da placa (USGS, 2006, in: URL6).

Sismos com profundidades focais superiores a 300 km são comumente chamados de "profundos". Estes, geralmente causam menos danos à superfície do que terremotos com magnitude similar, com profundidades focais inferiores a 70 km, mas grandes terremotos profundos podem ser sentidos a grandes distâncias dos seus epicentros (USGS, 2006, in: URL6).

### 3. Geomorfologia

Timor foi classificada como sendo uma ilha de formação rápida e relativamente recente, onde os agentes de erosão não tiveram ainda tempo de exercer a acção modeladora e niveladora do relevo (Gonçalves, 1966; Leme, 1968; Garcia & Cardoso, 1978). Como resultado, a ilha de Timor apresenta um relevo extremamente acidentado, recortado por vales fundos.

As elevações de maior altitude encontram-se na região central da Ilha, pertencente ao território de Timor-Leste, onde se situa um dorso central, constituído por rochas eruptivas e metamórficas, com ramificações em várias direcções. Esta região central é atravessada por densa rede hidrográfica, instalada em vales profundos e apertados. A característica de relevo vigoroso e não arrasado mantém-se até ao litoral na sua vertente norte, caindo por vezes, quase abruptamente sobre o oceano. Contrariamente, a sul, o relevo é bem mais suave, formando uma longa faixa litoral plana, preenchida por formações aluvionais. Para leste, em resultado de uma maior complexidade geológica, o relevo torna-se irregular, ora esbatido e adoçado, ora emergindo em escarpas montanhosas esculpidas em rochas metamórficas, sedimentares ou eruptivas, tais como: Aitana (1781 m), Bibileu (998 m), Matebian (2373 m), Legumau (1230 m) e Paichau (975 m) (Leme, 1968).

A geomorfologia de Timor-Leste define-se em três regiões naturais distintas (Cinatty, 1950; Garcia & Cardoso 1978): (i) Costa Norte, o mar da Savu (*Tasi Feto*), (ii) Costa Sul, o mar de Timor (*Tasi Mane*) 2, e Montanhas (*Foho*).

A região da Costa Norte desenvolve-se desde o litoral, até aproximadamente à cota dos 600 m. É quase sempre alta e abrupta, cortada por vales fluviais profundos, sem planície litoral, dando impressão de que as montanhas entram pelo mar dentro, como sucede em Karimbala e no Subão Grande (Figura 19). O declive das vertentes é muito acentuado, com os valores entre 30° a 50°. O solo que repousa sobre as vertentes é delgado, degradado pela intensa erosão, sendo escassa a vegetação (Cinatty, 1950; Garcia & Cardoso, 1978). As ribeiras mais importantes têm direcção W-E e são: Lois (formada da junção Bebai, Marobo e Batutu), Comoro, Lacro, Laleia, Sesal, Laivai e Raimoco. Nesta região, as temperaturas médias anuais são geralmente superiores a 24°C, a precipitação é fraca e há um período seco bastante pronunciado de cinco meses (Silva, 1956; Soares, 1957; Garcia & Cardoso, 1978).



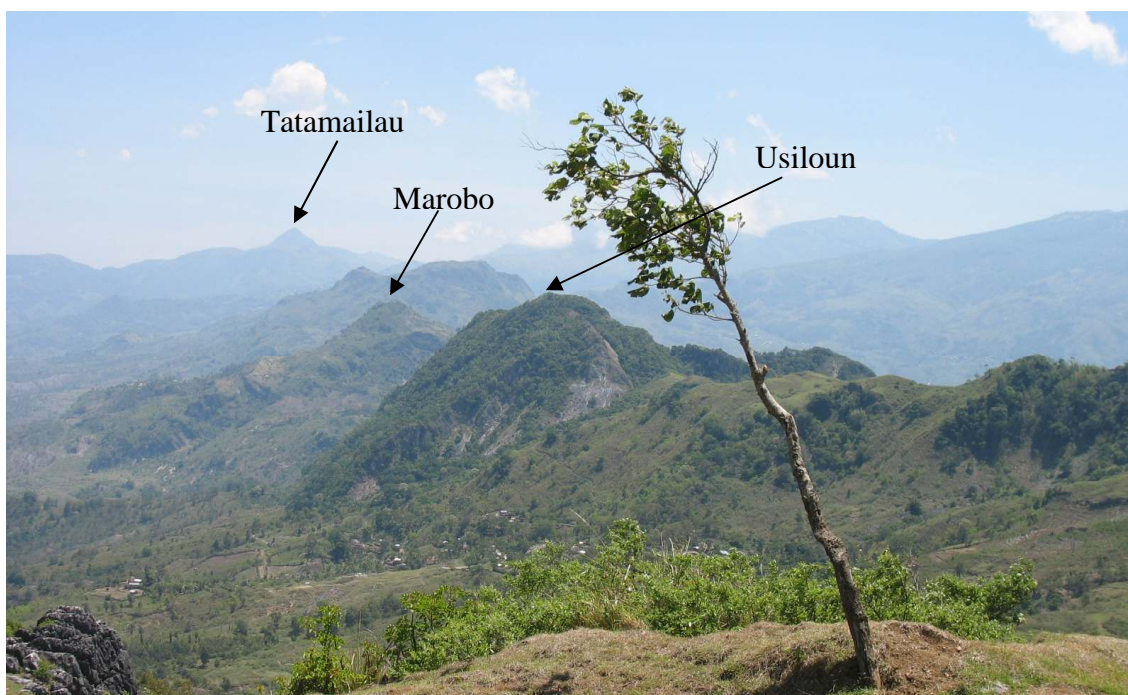
**Figura 19** - A morfologia da Costa Norte no Subão grande (Foto: 2008)

A região da Costa Sul estende-se desde o litoral, até à cota de 600 m à semelhança da costa norte, mas é constituída por relevos baixos, com vertentes de declive suave, que se elevam a partir de uma planície larga (Figura 20). Ao longo da costa, desde Loré até Suai, junto à fronteira, ocorrem planícies, entre as quais Betano e de Luca (Cinatty, 1950; Garcia & Cardoso 1978). As ribeiras mais importantes são: Ira Bere, Cua, Tuca, Luca, Dilor, Sahe, Clerek, Lacro do Sul, Sue, Be Lulik, Lomea, Caraulun, Riata, Maufui e Tafara.



**Figura 20** – A morfologia da Costa Sul, em Hatu’udu (Fonte: *Google Earth*, 2010)

A região montanhosa, compreendida entre a Costa Norte e a Costa Sul, é limitada grosseiramente pelas cotas de 600 e 2900 metros, formando uma cordilheira central (Figura 21), donde brotam as principais ribeiras (*motas*), e que marca a linha divisória das águas entre a Costa Norte e a Costa Sul. Esta região é caracterizada por um relevo muito acidentado e por uma densa rede hidrográfica encaixadas em vales profundos e apertados. A inclinação elevada da rede hidrográfica e orografia da ilha não permitem a existência de cursos de água utilizáveis para navegação, excepto alguns mais importantes, como as ribeiras de Lois, Laclo do Norte, Ira Bere, Laclo do Sul e Sue, onde correm águas permanentes durante a maior parte do ano. No período de chuvas as ribeiras transformam-se em torrentes caudalosas, acarretando da montanha enorme quantidade de materiais grosseiros, o que provoca intenso assoreamento das margens, sobretudo ao aproximarem-se da foz. Os montes mais importantes desta cordilheira central orientam-se segundo W-E e são: Tatamailau, Cablaki, Mundo Perdido, Laritan e Mata Bean. O fenómeno erosivo é muito acentuado e tende a agravar-se, devido à actividade de cultivo nas terras montanhosas e muito acidentadas. (Silva, 1956; Soares, 1957; Garcia & Cardoso, 1978).



**Figura 21** – Morfologia da região montanhosa. O dorso central com o ponto mais alto no pico de Tatamailau (2960 metros)

A área de estudo encontra-se na região montanhosa da Ilha de Timor com características geomorfológicas, climatéricas e hidrológicas semelhantes às da região montanhosa. A região de Bobonaro apresenta uma morfologia com elevações pronunciadas e recortadas por vales, salientando-se como principais relevos, a Oeste, o Abendudatoi, 1775 m de altitude máxima e o Loelaku (1920 m); a Este encontra-se a sucessão de montanhas, que constitui o dorso central da Ilha onde o pico mais elevado, o Tatamailau, atinge 2860 m de altitude; a Sul, o Monte de Mapeop (1239 m) e o Pico de Lour (812 m) e Lepo (853 m). Encontram-se vários outros picos espalhados na região caracterizados por rochas com maior resistência à erosão, como o de Bobonaro (992 m), Grotu (898 m), Uduai (915 m), Mazop (665 m), Uatloun (873 m) e Usiloun (1043 m). O relevo é muito acidentado, formando uma cumeada que separa as águas entre a Costa Norte e a Costa Sul.

A rede hidrográfica não é muito densa, com encaixes profundos em locais como Lourba, Luan Khou, Lour, Mazop e Aiaras. No período da chuva, a rede hidrográfica transforma-se em torrentes caudalosas com uma grande capacidade de transporte de materiais e assoreamento das margens das ribeiras que dão origem à maior parte dos movimentos de vertente. As quatro ribeiras principais, a que correspondem os cursos de

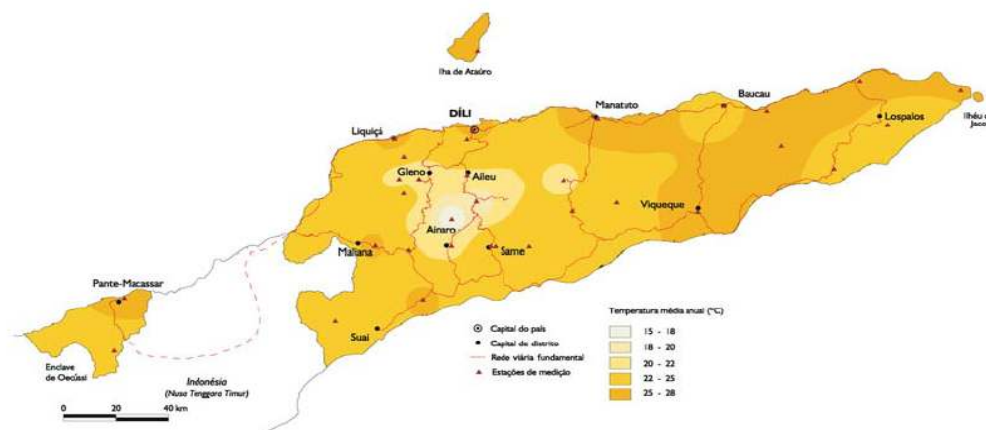
água quase permanentes são as de Lomea e Laco que desaguam na Costa Sul, e as ribeiras de Babalai e Aitasiola que desaguam na Costa Norte

## 4. Clima

### 4.1. Temperatura, Humidade e Evaporação

Em Timor-Leste só a partir de 1914 é que os Serviços Meteorológicos do Estado Português (antiga potência colonial) estabeleceram uma rede eficiente de postos meteorológicos, instalados nas sedes dos comandos e nos postos militares, nas missões e nas granjas agrícolas. Em 1956 o serviço meteorológico passou a dispor de uma estação meteorológica, para fins sinópticos e climatológicos em Baucau, de quinze estações para fins climatológicos e de onze postos udométricos (Garcia & Cardoso, 1978).

As estações do ano são influenciadas pela proximidade com as grandes Ilhas do Arquipélago de Banda a NE e o Continente Australiano a SE e caracterizadas pelo regime de monções. As monções de NE ocorrem de Novembro a Maio, com fortes trovoadas e grandes chuvas; as monções de SE ocorrem de Junho a Outubro, com ventos moderados da Austrália, frescos e quase secos, com poucas chuvas e uma temperatura média anual relativamente baixa de 18°C nas zonas montanhosas e 27°C na zona litoral, principalmente durante a noite (Figura 22). A diferença entre as temperaturas médias dos meses mais quentes e mais frios é inferior a 5 °C, o que dá ao clima o carácter isotérmico. As diferenças entre Dili e os locais de maior altitude correspondem a gradiente vertical médio de 1°C/150 metros (Silva, 1956; Soares, 1957; Garcia & Cardoso, 1978).



**Figura 22** - Temperatura média anual (Fonte: Atlas de Timor-Leste, 2002)

A humidade relativa do ar é elevada durante todo o ano e oscila entre os 70% e 80%. É no período de Dezembro-Maio que o ar atinge os valores mais elevados, permitindo classificar o clima como húmido.

A evaporação é menor nas regiões altas e, maior nas regiões baixas e quentes. O mês de maior evaporação média é Agosto (98,4 mm) e o de menor é Fevereiro (53,8 mm), sendo a variação bastante regular ao longo do ano. A evaporação é mais elevada no período Junho-Novembro, sendo este o período em que menos chove e em que são mais baixas a temperatura e a humidade relativa do ar. (Silva, 1956; Soares, 1957; Garcia & Cardoso, 1978).

#### **4.2. Pluviosidade**

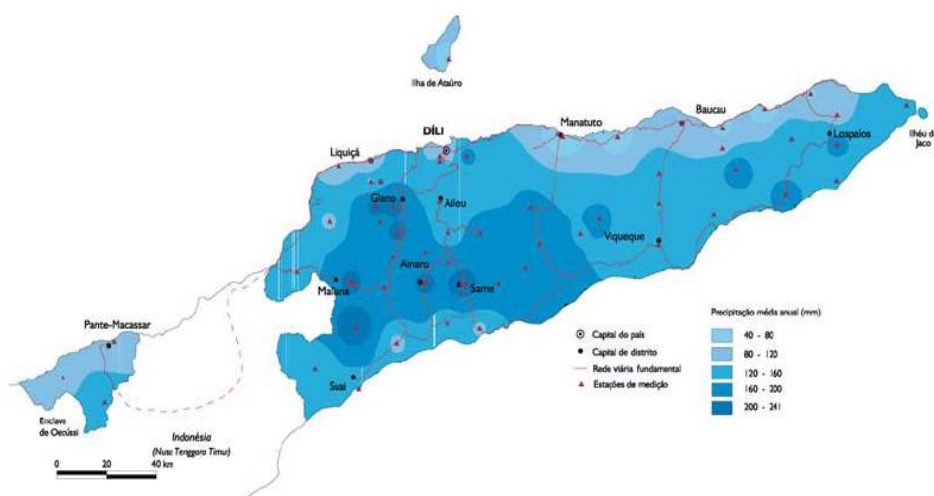
A distribuição da chuva (Figura 23 e 24) é, geralmente, condicionada por causas orográficas e pela posição em que a ilha de Timor ocupa relativamente ao continente australiano e ao arquipélago indonésio. O eixo longitudinal da ilha é praticamente perpendicular à monção do SE. Durante a monção SE os ventos vindos da Austrália ao atravessarem o mar de Timor, enchem-se de humidade, a qual vêm a perder através de fortes precipitações ao entrarem na ilha e, sobretudo, ao galgarem a cordilheira central, chegando à vertente norte já secos. Durante a monção asiática (NW), as massas de ar húmido trazidas pelos ventos marítimos, vão perdendo humidade e ganhando altura ao fazerem a grande travessia sobre as ilhas do arquipélago, todas muito acidentadas, chegam à ilha de Timor já quase secas, apenas originando quedas de chuvas nas zonas de maior altitude.

Na Costa Norte as chuvas começam em Dezembro e cessam por completo (ou quase) nos meses de Julho a Outubro. Deste modo, na Costa Norte, embora sujeita a uma monção marítima, o clima é semi-árido tropical sem excesso de água ao longo do ano, sendo o período seco de Junho a Outubro, caracterizado por uma grande deficiência de água (Thorntwite, 1948; Silva, 1956; Soares, 1957; Garcia & Cardoso, 1978).

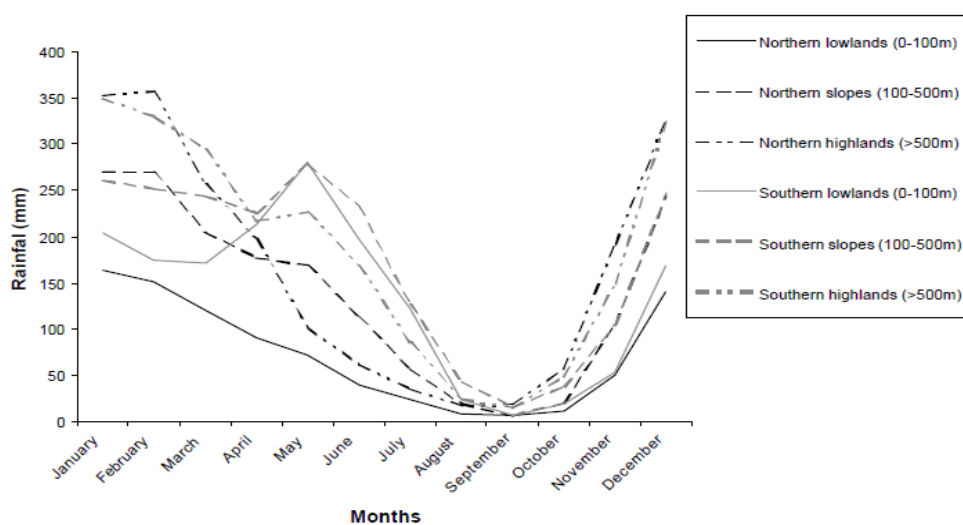
Na Zona Montanhosa, principalmente na Costa Sul, o período seco não é tão longo. A monção de NW espalha a chuva com abundância desde Dezembro a Maio, que, em geral, é um mês muito chuvoso. De Junho a Agosto a monção australiana (SE) traz alguma pluviosidade, podendo dizer-se que só os meses de Setembro e Outubro são, normalmente, secos. Porém, esta pluviosidade não se compara em quantidade com

a da monção asiática (NW), ficando a maior parte retida nos altos montes da Zona Montanhosa, sem alcançar a Costa Norte. O clima na zona Montanhosa é húmido tropical e há um grande excesso de água no período chuvoso, de Dezembro a Abril.

Na Costa Sul o clima também é húmido tropical, havendo um excesso de água no período chuvoso de Dezembro a Junho, mas não tão grande como o da Zona Montanhosa, e no período de Agosto a Outubro, há uma nítida deficiência de água (estação seca). As temperaturas médias anuais são superiores a 24°C, a precipitação é elevada, geralmente superior a 1500 mm (Thornthwite 1948; Silva, 1956; Soares, 1957; Garcia & Cardoso, 1978).



**Figura 23** - Precipitação média anual (Fonte: Atlas de Timor-Leste, 2002)



**Figura 24** – Distribuição de precipitação mensal nas principais regiões em Timor-Leste, apresentado no Primeiro Workshop Nacional sobre alteração Climática em Dili, 2003 (Barnett et al., 2007).

## 5. Vegetação

O revestimento vegetal natural da Ilha de Timor em tempo não muito recuado, antes da destruição imposta pelas necessidades da agricultura, deve ter sido uma floresta densa em perfeita concordância com as condições climáticas (Cinatty, 1950; Silva, 1956).

Cinatty (1950) foi um dos engenheiros-agrónomos que desde 1950 desenvolveu vários estudos relacionados com a flora de Timor até aos anos 80, tendo classificado dois tipos principais de floresta em Timor: (i) floresta primária, (ii) floresta secundária e savana.

A floresta primária compreende cinco subtipos: mangal, floresta do litoral, floresta das zonas baixas, floresta das zonas médias e floresta montanhosa (sempre verde).

A floresta-mangal é característica da região litoral marítima à volta da ilha, e emerge das próprias águas salgadas e salobras. Na Costa Sul esta formação de floresta é muito mais densa e rica em espécies, devido à alta pluviosidade da região, comparando com a Costa Norte, onde estas florestas são mais localizadas e pobres em espécies. A floresta das zonas baixas é caracterizada pela cobertura espessa e orlas fechadas por cipós entrelaçados, tornando-se quase impenetrável. Nas zonas médias as árvores são mais dispersas, notando-se a ausência de trepadeiras, epífitas e musgos. Há vastas manchas de *Eucalyptus Decaisneana*. Em muitas regiões da costa norte encontram-se bosques de arbustos e árvores de pequena estatura. (Cinatty, 1950). Na região montanhosa, à medida que vai aumentando a altitude, as formações florestais aparecem em manchas isoladas e vão diminuindo. Em contrapartida, aumentam os musgos, líquenes, orquídeas, ranúnculos, uveiras, e vastas áreas de pastagem. Nas margens das linhas de água ocorrem geralmente bosques de Casuarina, que sobem até os 2500 metros de altitude (Cinatty, 1950).

A floresta secundária surge em consequência da acção antrópica, que cobre quase todo o território. É caracterizada por formações densas de arbustos, pequenas árvores e trepadeiras, rodeando bosques de floresta primária, ou tufos de bambus misturados com casuarinas e eucaliptos muito numerosos e, finalmente, savanas e pastagens. A floresta secundária e as savanas ocupam terras de pousio, de antigas hortas, ocupando mais de 97% da área total do território (Cinatty, 1950).

## 6. Erosão

Timor-Leste, em termos de erosão dos solos atinge presentemente níveis considerados catastróficos (Gonçalves, 1966; Garcia & Cardoso, 1978; Bouma & Kobryn, 2004; Barnett et. al., 2007). Os factores que contribuem para este fenómeno erosivo são (i) a topografia da região que é muito acidentada, atingindo elevadas altitudes, com vertentes de declives muito acentuados; (ii) a região está sujeita a quedas pluviométricas intensas e a ventos fortes, que por vezes atingem situações extremas (iii) a intervenção antrópica que contribui para a desflorestação, com a prática da agricultura itinerante, a prática de queimadas nas encostas na época seca, o consumo de madeira para o carvão doméstico, a construção de casas de habitação, o pastoreio excessivo nas encostas, o corte ilegal de árvores, nomeadamente de sândalo e que em certas regiões constituem prejuízos alarmantes merecendo uma atenção urgente quanto à protecção e conservação do solo (Soares, 1957; Garcia & Cardoso, 1978).

Ainda merece referência a erosão eólica em Timor. Ormmelling (1956) refere a importância de erosão eólica durante a estação seca, período em que a acção do vento é dominante. É frequente verificarem-se extensas nuvens de pó nas planícies da Costa Norte e os efeitos da degradação do solo (Garcia & Cardoso, 1978).

## 7. Solos

Garcia & Cardoso (1978) na elaboração da Carta dos Solos de Timor utilizaram as unidades taxonómicas em conformidade com as estabelecidas em 1969 pela FAO e pela UNESCO, para a Carta dos Solos do Mundo, com algumas das alterações introduzidas em 1970, pelo Grupo de Trabalho Europeu de Cartografia e Classificação de Solos da FAO, para a Carta dos Solos da Europa.

Foram reconhecidas em Timor 60 unidades pedológicas, as quais se agrupam em 15 de nível superior, ao nível da ordem ou da subordem (Anexo nº. II). As quinze unidades de nível superior são as seguintes: fluvissolos, gleissolos, regossolos, litossolos, rankers, rendzinas, vertissolos, solonchaks, solonetz, castanozems, cambissolos, luvisolos, acrissolos, ferralsolos, histossolos (Garcia & Cardoso, 1978).

Garcia & Cardoso (1978) e Leme (1968) classificaram também as classes dos solos provenientes das várias formações geológicas existentes em Timor (Anexo n.º III), com representação cartográfica. Referem-se as formações que se enquadram na área de estudo e os solos delas derivadas: (i) A Formação de Maubisse é constituída por rochas

calcárias, xisto argiloso, basalto e rochas vulcanoclásticas que dão origem a castanozems, cambissolos, luvisolos e rankers que aparecem nas maiores altitudes; (ii) A Formação de Aitutu e a Formação de Wailuli com predominância de xisto argiloso, margas, calcários e grés que dão a origem a cambissolos, castanozems, vertissolos, luvisolos e acrissolos que formam relevos importantes e fenómenos de erosão; (iii) Bobonaro Scaly Clay é constituída essencialmente por argilas mal consolidadas de cores variadas, numerosos calhaus e blocos disseminados de origem diversa, que dão origem, em geral, a vertissolos pélicos, castanozems vérticos, cambissolos vérticos e luvisolos vérticos.

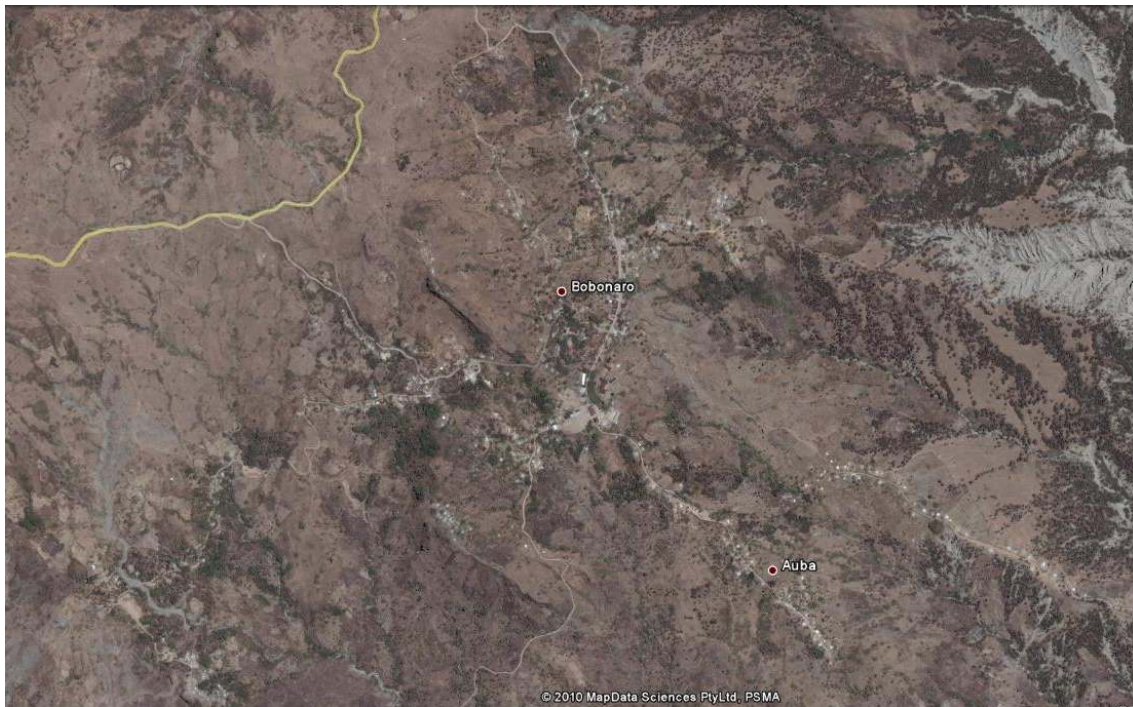
## **8. Ocupação do solo**

### **8.1. Enquadramento Urbano**

A área de estudo enquadra-se parcialmente no Subdistrito de Bobonaro que corresponde a uma área de 216.408 km<sup>2</sup> subdividida em 18 Sucos e 63 Aldeias (Diploma Ministerial, N.º 199/GM/MAEOT/IX/09 de 15 de Setembro de 2009). Nele habitam 22756 habitantes, com um índice de densidade populacional de 105.15 hab./Km<sup>2</sup>.

A cidade de Bobonaro foi, décadas atrás, a capital do Distrito Bobonaro com o nome de Vila Armino Monteiro. Hoje é chamada de Bobonaro. A área da cidade corresponde ao núcleo original, de carácter formal, onde se localizavam e se concentravam os principais edifícios da administração colonial portuguesa, as zonas de comércio, serviços e equipamentos religioso e de lazer, o último correspondente ao complexo das piscinas de termas de Marobo. Actualmente, estes edifícios mantêm-se, embora alguns já com outras funcionalidades. Durante o período da ocupação indonésia e recentemente, no período da independência, verificou-se um número muito reduzido de novas edificações públicas, ou seja, praticamente não houve desenvolvimento físico na área do subdistrito de Bobonaro. Há, de facto, um grande aumento de novas edificações particulares para habitação e comércio, de uma forma esporádica e desordenada, não só na área urbana de Bobonaro, mas também em todas as aldeias. A expansão urbana surge espontaneamente ao longo das vias, de forma linear e não programada, desde que a configuração do relevo permita a sua construção. As áreas urbanas são pouco densas e descontínuas, com parcelas de culturas anuais ou

permanentes e extensas áreas de pastagem, arbóreo e arbustivo com graus de intervenção humana muito variável (Figura 25).



**Figura 25** – Imagem da área urbana pouco densa e descontínua (Fonte: 2010 *Google Earth*)

## 8.2. Rede Viária

A rede viária de Bobonaro é de carácter militar, construída durante a segunda Guerra Mundial pelas forças militares nipónicas (Figura 26-A). Caracteriza-se por inclinações superiores a 50%, seguindo praticamente as linhas do terço, de modo a evitar grandes escavações e aterros e é caracterizada também, por um péssimo sistema de drenagem fluvial. Durante a ocupação foram construídas mais estradas, que ligam as aldeias e a Vila de Bobonaro em condições semelhantes às anteriores.

Considera-se a hierarquia funcional da rede viária, em rede primária, rede complementar e rede local. A rede primária, que estabelece a ligação entre os distritos de Suai, Ainaro, Liquiça, Ermera e Dili é constituída por vias em pavimento betuminoso. A rede de distribuição secundária complementa a rede primária, estabelecendo a ligação para os subdistritos periféricos e a rede local viabiliza a disseminação do tráfego a zonas rurais com vias em terra batida.



**Figura 26** – (A) Rede viária principal em relevos muito acidentados. (B) Zona Agrícola (C) Zona de pastagem (D) Zona de protecção tradicional.

### 8.3 Actividade de Produção e Protecção

A actividade de produção da população do subdistrito de Bobonaro corresponde à agricultura, pecuária e o comércio. Assim, a ocupação do solo caracteriza-se da seguinte forma: (i) zona edificada; (ii) zona agrícola (Figura 26-B); (iii) zona de pastagem (Figura 26-C); (iv) terras abandonadas e (v) zonas de protecção (Figura 26-D). As zonas de protecção, normalmente zonas arbóreas e arbustivas, são definidas pelas autoridades tradicionais, com base nas normas tradicionais, com o objectivo de evitar a erosão do solo e movimentos de vertente. Essa iniciativa é tomada, devido à inexistência de um enquadramento legal de significado normativo, até aos dias de hoje.

## CAPÍTULO III

### MATERIAL E MÉTODOS

---

Para a elaboração do trabalho foi necessária a recolha de dados indispensáveis à sua consecução, tais como (i) recolha de fotografias ilustrativas da geomorfologia e geologia, amostras de rochas e sedimentos, registos fotográficos dos anos 60 e registos orais dos testemunhos das ocorrências dos movimentos de vertente; (ii) análise das amostras de rochas e sedimentos recolhidas; (iii) recolha de dados espaciais e bibliográficos para a definição de áreas de risco à ocorrência de movimentos de vertente.

#### 1. Campo

O trabalho de campo na área de estudo foi feito no mês de Agosto de 2009. Para a realização dos trabalhos de levantamento no campo foram utilizados materiais de apoio como 1) caderno de campo; 2) martelo/alavanca; 3) sacos para amostras; 4) marcador permanente; 5) GPS Garmin etrex de 12 Canais; 6) máquina fotográfica Panasonic de 10 Megapixéis; 7) mapa topográfico à escala 1:25.000 elaborado pelo BAKOSURTANAL da República Indonésia, 1991; e 8) mapa Geológico à escala 1:250.000 elaborado por Audley-Charles (1968), ambos os mapas com referência espacial WGS84-UTM-51L, Sistema de Projecção Gauss-Kügger.

As finalidades do trabalho de campo foram a identificação dos processos geomorfológicos relacionados com a ocorrência dos movimentos de vertente e a recolha de amostras de rochas e sedimentos para posterior caracterização laboratorial. Os procedimentos seguidos para o registo das amostras foram: numeração, data, codificação, referência espacial, nome do local, fotografia, recolha de amostra, afloramento, vegetação, formação geológica, uso do solo e o historial de ocorrência de movimentos de vertente (Anexo nº IV).

#### 2. Laboratório

As amostras recolhidas no local compreendem fragmentos líticos de metassedimentos e lutitos. No laboratório foram feitos três tipos de análises nomeadamente: (i) cálculo da percentagem de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), (ii) granulometria, (iii) mineralogia das argilas.

## 2.1. Percentagem do carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>)

As rochas carbonatadas são quimicamente muito vulneráveis à dissolução pelas águas meteóricas. A quantificação do carbonato total em cada amostra foi feita por diferença de peso da amostra antes e depois da destruição do carbonato. Por cada amostra foi recolhida uma sub-amostra com  $\pm 50.00$  gramas. Estas sub-amostras foram cobertas por ácido clorídrico (HCl) 25% durante três dias. Seguiu-se o processo de lavagem da amostra até a solução de lexiagem atingir pH neutro. O resíduo detrítico foi seco e pesado. A diferença de peso entre a sub-amostra inicial e o resíduo após digestão em HCl corresponde à quantidade de CaCO<sub>3</sub> (Anexo nº V).

## 2.2. Análises granulométricas

O tamanho do grão e a sua forma de empacotamento (textura) determinam, entre outras propriedades, a porosidade de uma rocha ou sedimento e, em consequência, a sua permeabilidade. As sub-amostras referidas em 2.1 foram, após a destruição do CaCO<sub>3</sub> utilizadas para efectuar as análises granulométricas. Por cada amostra, previamente codificada foi recolhida uma quantidade de  $\pm 5.00$  gramas. O sedimento foi então disperso numa solução de água destilada com hexametáfosfato de sódio. As análises granulométricas foram efectuadas no equipamento *Mastersizer Micro Ver.2.18, Malvern Instruments, Ltd., Serial Number: 34044-03*. Os resultados das análises granulométricas estão representados no Anexo nº VI.

## 2.3. Mineralogia das argilas

As argilas encontram-se entre os componentes de uma rocha ou sedimento que mais contribuem para a vulnerabilidade às ocorrências de vários tipos de movimentos de vertente. Por cada amostra, previamente codificada foi recolhida uma quantidade de  $\pm 10$  gramas, que foi triturada. A amostra triturada foi moldada numa lâmina de aço inox. O difractor de raios X (DRX) utilizado é de marca *PAN'alytical*, modelo *X'Pert Pro*, *Serial Number: 12NC943003040601, Manufactured: 2006-07*, com detector *X'celerator* e monocromador secundário, para efectuar a análise mineralógica da amostra nos seguintes parâmetros; Tensão 40kV e 30mA, 5° a 75° de 2Theta com uma velocidade de 1.5° por minuto com passo (velocidade de goniómetro) de 0.02°. (Anexo VII)

### 3. Dados espaciais

Para gerar os mapas de susceptibilidade e de risco de ocorrência de movimentos de vertente utilizaram-se os seguintes dados espaciais:

- Mapa topográfico, Folhas, 2406-543 e 2407-221, Referência Espacial WGS84, da BAKOSURTANAL da República da Indonésia, ano 1993, na escala (1: 25,000) fornecido pela Direcção Nacional de Terras e Propriedades e Serviços Cadastrais (DNTP e SC) do Ministério da Justiça de Timor-Leste, Setembro 2008;
- Ortofotomapa, Folhas, 2406-543 e 2407-221, Referência Espacial WGS84, da BAKOSURTANAL da República da Indonésia, ano 1989 & 1991, na escala (1: 30,000) fornecido pela Direcção Nacional de Terras e Propriedades e Serviços Cadastrais (DNTP e SC) do Ministério da Justiça de Timor-Leste, Setembro 2008;
- Mapa Geológico elaborado por Audley-Charles (1968) com referência espacial WGS84 na escala 1: 250,000, fornecido pelo LNEG, Março 2009;
- Diversos dados espaciais, tais como, altimetria, rede viária, ribeiras, área urbana, divisão administrativa, toponímia, em formato vectorial “*shapefiles*”, fornecidos pelo Prof. João Matos como coordenador do Portal SIG de Timor-Leste publicados na Internet [URL7], Janeiro 2010.
- Dados espaciais sobre tipo de solo em formato “*shapefile*” fornecido pelo AIGIS do Ministério da Agricultura de Timor-Leste, Agosto 2009;
- Dados espaciais e esboço do plano de urbanização das cidades de Dili e Baucau fornecido pelo Secretariado de Estado das obras Públicas do Ministério das Infra-estruturas de Timor-Leste, Agosto 2009;
- Dados climáticos na Direcção Nacional de Meteorologia e Geofísica (DNMG) do Ministério das Infra-estruturas de Timor-Leste, Agosto 2009;
- Dados dos censos de população e habitação de 2004 na Direcção Nacional de Estatística (DNE), Ministério do Plano e das Finanças de Timor-Leste, Agosto 2009.

#### **4. Programas informáticos (*Software*)**

Para a definição de mapas de susceptibilidade, perigosidade, vulnerabilidade e de risco à ocorrência de movimentos de vertente utilizaram-se as técnicas de processamento de imagens e sistemas de informação geográfica (SIG), utilizando o *Software* da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) ArcGIS Desktop 9.3 como ferramenta principal no tratamento das variáveis espaciais de riscos naturais.

#### **5. Referenciação espacial**

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se o sistema de referenciação espacial adoptado e utilizado anteriormente pelo GERTiL (Grupo de Estudos de Recuperação de Timor-Leste), e também utilizado no Timor-Leste GIS Portal condicionado pela tendência internacional com a vulgarização da utilização de GPS. O sistema de coordenadas é definido pelas seguintes características:

Datum: WGS84;

Projecção: Gauss-Kruger;

Meridiano Central: 123° E;

Latitude do Ponto Central: 0°;

Factor de escala: 0,9996;

Falsa origem: DX= 500 km; DY=10000 km.

Este sistema corresponde ao Fuso 51 do sistema internacional UTM, Hemisfério Sul, estendido à totalidade do território (Matos et al., 2001, 2003).

#### **6. Geoprocessamento**

Neste trabalho foi adoptado um dos métodos de criação de mapas de movimentos de vertente em Sistemas de Informação Geográfica, desenvolvidos pelo IAEG (*International Association for Engineering Geology*), *Commission N.º 1 on Landslides and Other Mass Movements on Slope* (Chacón et al., 2006). Importa referir que ao longo dos últimos 30 anos foi publicada uma grande quantidade de estudos e investigações que visam fornecer conceitos básicos e técnicas na criação de mapas de risco de movimentos de vertente recorrendo à utilização de microcomputadores poderosos e o uso generalizado dos pacotes de SIG e técnicas de Detecção Remota. Estas técnicas podem ser encontradas em Brabb (1984), Cotecchia (1978), Guzzetti et al., (1999), Hansen (1984), Hartlen & Viberg (1988) e Varnes (1984). Para a

uniformização dos métodos, a IAEG-Commission N.º1 propôs como referência os métodos desenvolvidos por Varnes (1984) e Fell (1992, 1994).

Têm sido propostos diversos métodos e técnicas de geoprocessamento com abordagens conceptuais, que na sua escolha dependem de vários factores, tais como: a disponibilidade, qualidade e precisão, escala e resultados esperados (Cascini, 2008). Consoante os dados de entrada e os seus procedimentos, Soeters & Van Westen (1996) classificaram-nos como métodos heurísticos, estatísticos e determinísticos. O método heurístico ou empírico (Crandell et al., 1979; Nilsen et al., 1979; Brabb, 1984; Evans & King, 1998; Dai & Lee, 2002; Cascini et al., 2005; Hungr et al., 2005, in: Cascini, 2008) utiliza essencialmente dados topográficos, geológicos e geomorfológicos. É considerado um “método básico” para o inventário e a caracterização do potencial de movimentos de vertente. No método “intermédio” são acrescentados mais pormenores (classificação do solo e profundidade, as unidades de terreno, etc.) sobre os dados de entrada com base em procedimentos de análise estatística (van Westen, 1994; Carrara et al., 1995; Dikau, et al., 1996; Baynes & Lee, 1998; Santacana et al., 2003, in: Cascini, 2008). Por último, nos métodos sofisticados é necessário acrescentar os dados hidrogeológicos e geotécnicos, bem como a aplicação de procedimentos determinísticos ou probabilísticos (Goodman & Shi, 1985; Duncan, 1992; Potts, 2003; Savage et al., 2004; Baum et al., 2005; Nadim et al., 2005, in: Cascini, 2008).

A IAEG (1984) considerou três grupos de mapas temáticos, relativamente aos movimentos de vertente: (i) Mapas de incidência espacial de movimentos de vertente (ii) Mapas de incidência temporal e previsão de movimentos de vertente e, (iii) Mapas de avaliação de consequências de movimentos de vertente.

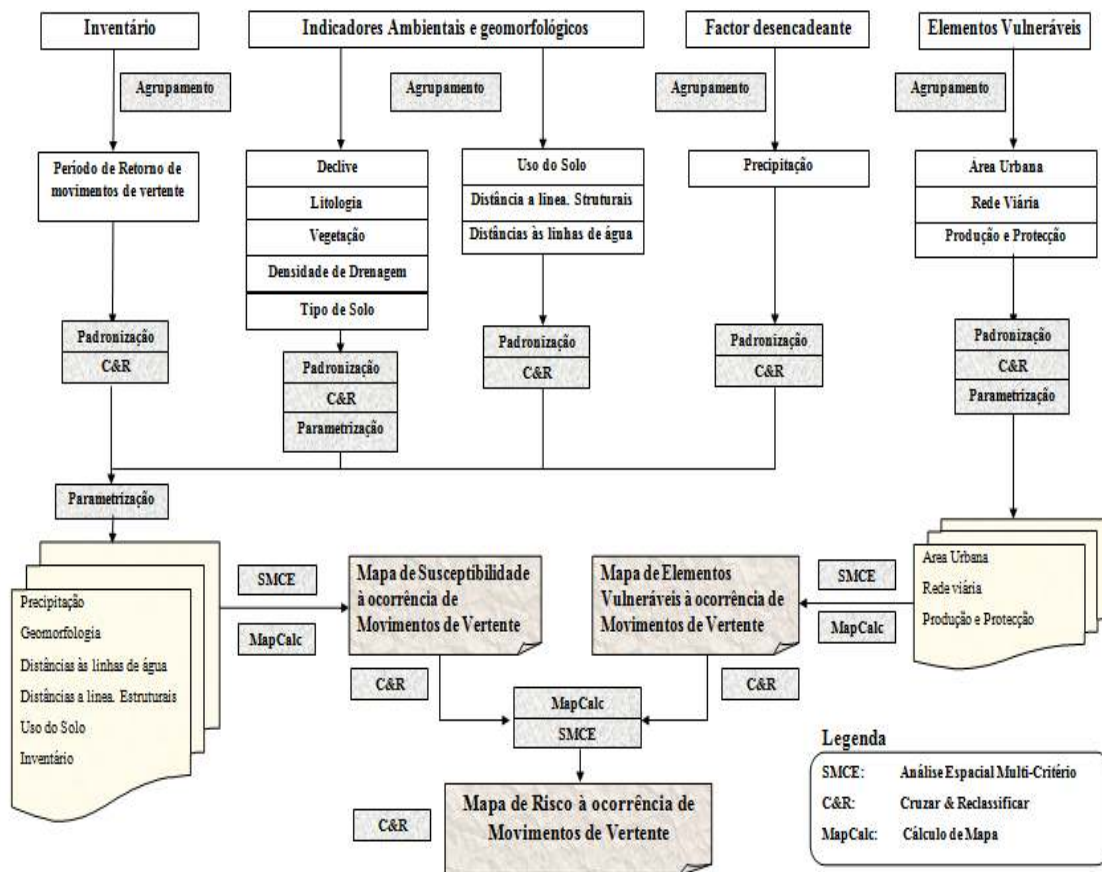
No presente trabalho utilizaram-se mapas de incidência espacial dos movimentos de vertente. São mapas que mostram zonas de semelhanças, em relação à quantidade de movimentos de vertente ou à ocorrência de condições semelhantes, potencialmente geradoras de movimentos de vertente, sem ter em conta os factores de previsão temporal nem as suas consequências (Varnes, 1984; Chácon et al., 2006).

A escolha deste método teve em conta a limitação dos dados disponíveis. Estes, não permitem a aplicação de métodos determinísticos de riscos de movimentos de vertente, que são necessários para obter mapas quantitativos de riscos de movimentos de vertente. Além disso, a aplicação de métodos estatísticos ou probabilísticos não é

possível por falta de registos de ocorrência de movimentos de vertente a nível local e nacional.

Dadas as referidas limitações, optou-se por escolher uma abordagem semi-quantitativa. A principal diferença entre as abordagens qualitativa e semi-quantitativa é na atribuição dos pesos a determinados critérios conhecido por método heurístico (Soeters & van Westen, 1996; Castellanos Abella, 2008). A estimativa semi-quantitativa para a avaliação de risco de movimentos de vertente é considerada útil nas seguintes condições: (i) como um processo inicial de identificação de perigos e riscos; (ii) quando o nível de risco (pré-assumido) não justifique o tempo e o esforço; (iii) ou quando a possibilidade de obtenção de dados numéricos é limitada (AGS, 2000, in: [URL8]; Castellanos Abella, 2008).

Para a implementação do modelo semi-quantitativo, recorreu-se à utilização do módulo *Spatial Analysis Tools* do software ArcGIS 9.3 com base na avaliação espacial multi-critério, SMCE (*Spatial Multi Criteria Evaluation*). A SMCE é uma ferramenta de apoio à decisão utilizada dentro do ambiente de SIG. A execução da avaliação multi-critério permite a entrada de um conjunto de mapas com representação espacial dos critérios, que são agrupados, padronizados, ponderados e cruzados seguindo o modelo representado na Figura 27. Como resultado da execução, obtém-se um ou mais mapas compostos que mostram a realização de um modelo implementado (Carrara et al., 1995; Van Westen, 2000; Castellanos Abella, 2008).



**Figura 27-** Modelo de Análise de Risco à ocorrência de movimentos de vertente.

O fundamento teórico para a avaliação multi-critério tem como referência técnica de suporte à decisão AHP (*Analysis Hierarchy Process*), desenvolvida por Saaty (1980) baseada na lógica da comparação par-a-par. A AHP permite determinar um conjunto óptimo de pesos dos factores que condicionam os movimentos de vertente utilizados para a combinação dos diferentes mapas (Barredo et al., 2000; Yoshimatsu & Abe, 2006; Castellanos Abella, 2008). Os diferentes factores foram comparados dois a dois e, adicionalmente, um critério de importância relativa foi atribuído ao relacionamento entre aqueles factores, segundo uma escala predefinida (Tabela 2).

**Tabela 2** - Escala de Valores da AHP para a comparação par-a-par (Saaty, 1980; Câmara et. al., 2005, in: URL9)

<b>Intensidade de importância</b>	<b>Definição e explicação</b>
1	<b>Igual importância</b> – os dois factores contribuem igualmente para o objectivo
3	<b>Importância moderada</b> – um factor é ligeiramente mais importante do que o outro
5	<b>Importância essencial</b> – um factor é claramente mais importante do que o outro
7	<b>Importância demonstrada</b> – um factor é fortemente favorecido e a sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	<b>Importância extrema</b> – a evidência que diferencia os factores é da maior ordem possível
2,4,6,8	<b>Valores intermédios entre julgamentos</b> – possibilidade de compromissos adicionais

A AHP permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Requer a estruturação de um modelo hierárquico, o qual é geralmente composto por metas, critérios, sub-critérios e alternativas, bem como de um processo de comparação par-a-par, por importância relativa, preferências ou probabilidade entre dois critérios, com relação ao critério de nível superior. Com base na comparação, a AHP pondera todos os sub-critérios e critérios e calcula um valor de razão de consistência entre [0,1], com “0” indicando a completa consistência do processo de julgamento (Saaty, 1980; Câmara et al., 2005, in: URL9).

## 7. Elaboração de mapas temáticos

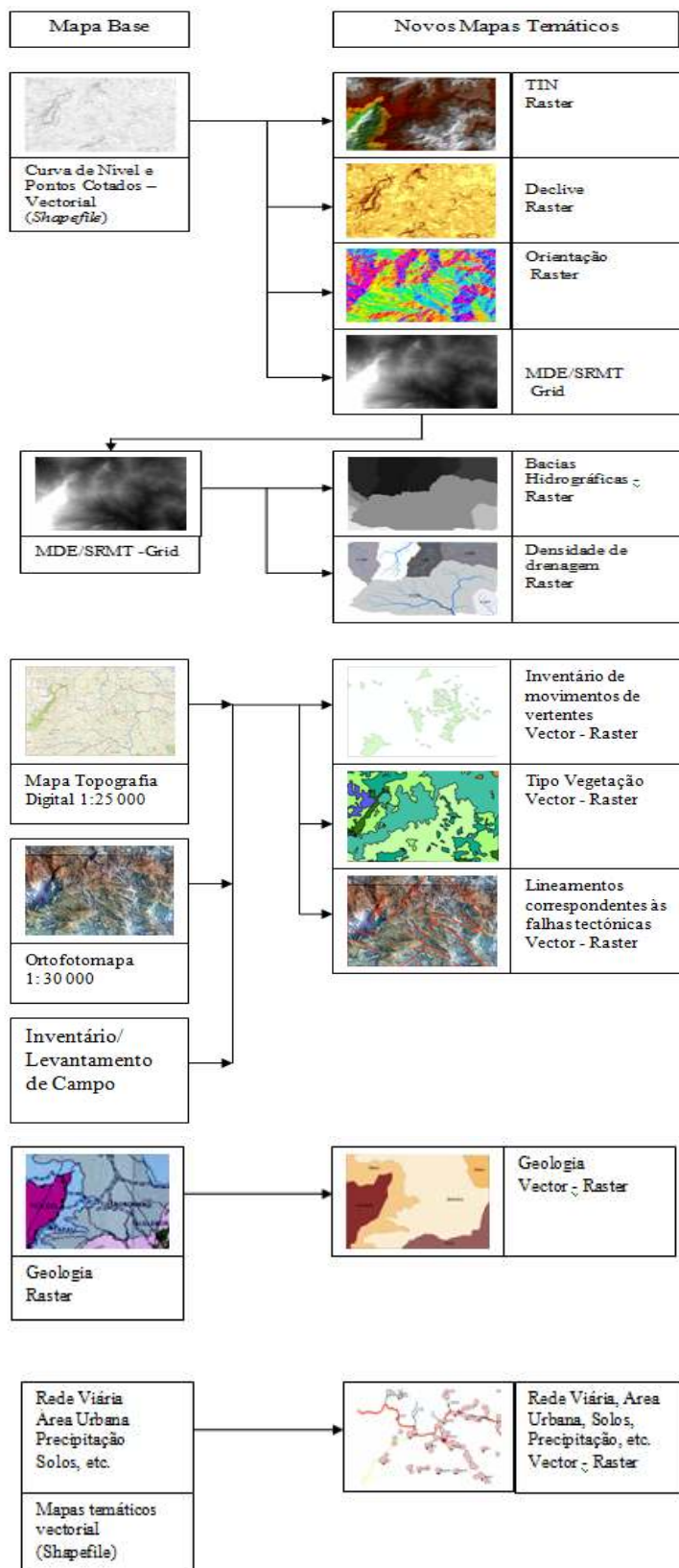
Para a obtenção dos mapas de Susceptibilidade, Vulnerabilidade e de Risco à ocorrência de movimentos de vertente, foi necessário definir os factores condicionantes através da elaboração dos mapas temáticos de superfície, declive das vertentes, orientação das vertentes, drenagem superficial, geologia, solo, vegetação, ocupação do solo, área urbana, equipamentos, rede viária, área de protecção, e registos de

movimentos de vertente. Alguns dos mapas temáticos já existentes em formato vectorial ou *shapefile* foram fornecidos pelo Portal SIG de Timor-Leste. Para outros mapas temáticos foi necessário recorrer ao processo de digitalização (transferir a informação para o formato vectorial) no ambiente do *software* ArcGIS 9.3, como é o caso do mapa geológico de Audley-Charles (1968), na escala 1: 250.000, e do mapa de vegetação, com base no mapa topográfico digital de 1991, na escala 1: 25.000, ambos em formato de imagem TIF. Os mapas temáticos de registo de movimentos de vertente no campo e de lineamentos estruturais foram determinados através dos processos de foto-interpretção dos ortofotomapas e das imagens de *Google Earth*. Todos os mapas temáticos referidos foram posteriormente convertidos em formato matricial ou “*raster*” repartidos em células de 5 x 5 metros, ou seja, uma resolução do mapa de 5x 5 metros.

Consoante as bases de dados disponíveis (Tabela 3) criaram-se os mapas temáticos que representam a complexidade dos factores relacionados aos movimentos de vertente, com base nas informações que possuem relação directa (temporal e espacial). Outro aspecto importante no plano de geração de informação é a orientação do processo de integração de informações georreferenciadas em diferentes níveis, com o objectivo de alcançar os resultados pretendidos. A Figura 28, mostra o esquema de criação de mapas temáticos/planos de informação e os seus resultados em ambiente SIG.

**Tabela 3** – Mapas temáticos de base utilizados para o desenvolvimento de estudo de ocorrência de movimentos de vertente.

<b>Mapas Temáticos</b>	<b>Tipo</b>	<b>Fonte</b>
Altimetria	Vectorial (*.shp)	Timor-Leste GIS Portal, 2007. [URL7]
Geologia	Matricial (*.tif)	Audley-Charles, 1968/LNEG
Vegetação	Matricial (*.tif)	BAKOSURTANAL, RI,1991/DNTP-TL
Tipo de Solo	Vectorial (*.shp)	Timor-Leste GIS Portal, 2007. [URL7]
Rede Viária	Vectorial (*.shp)	Timor-Leste GIS Portal, 2007. [URL7]
Área Urbana	Vectorial (*.shp)	Timor-Leste GIS Portal, 2007. [URL7]
Registo de Movimentos de vertente	Matricial (*.tif)	Trabalho de Campo/fotointerpretação BAKOSURTANAL, RI,1991/DNTP-TL
Lineamentos estruturais	Matricial (*.shp)	Fotointerpretação BAKOSURTANAL, RI,1991/DNTP-TL
Precipitação	Matricial (*.tif)	Timor-Leste GIS Portal, 2007. [URL7]
Área de Protecção	Matricial (*.tif)	BAKOSURTANAL, RI,1991/DNTP-TL
Área de Produção	Matricial (*.tif)	BAKOSURTANAL, RI,1991/DNTP-TL
Uso do Solo	Matricial (*.tif)	BAKOSURTANAL, RI,1991/DNTP-TL



**Figura 28** - Esquema de criação de mapas temáticos/planos de informação em ambiente ArcGIS 9.3.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

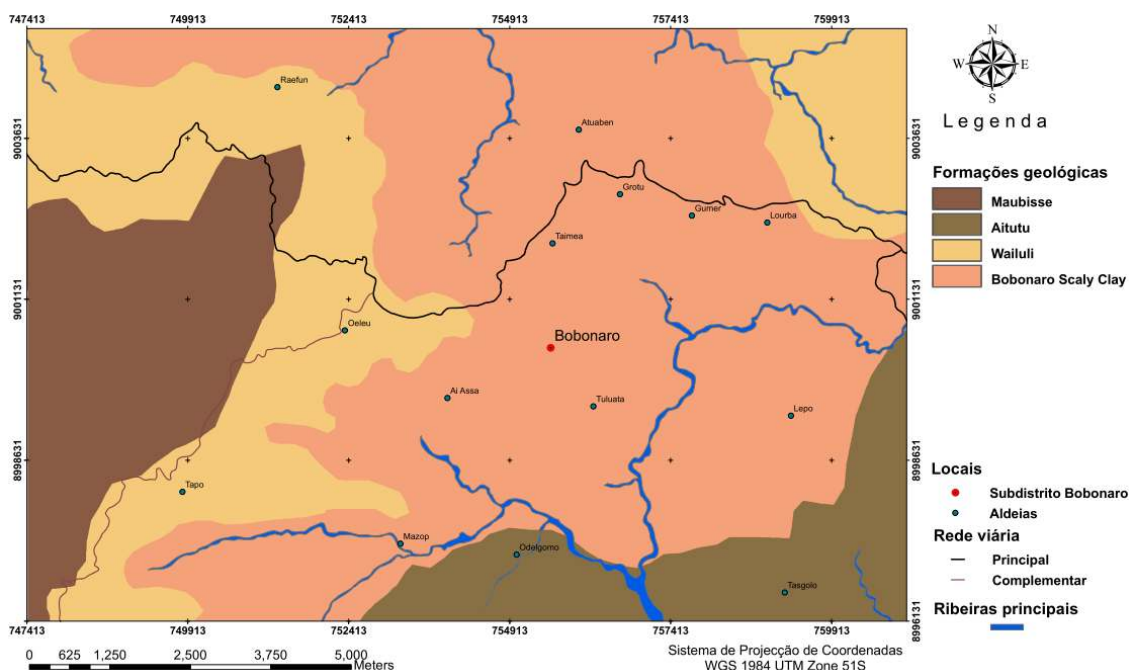
#### 1. Agrupamento de mapas temáticos

Os mapas temáticos são planos de informação espacial e temporal que têm como objectivo representar a complexidade dos factores geomorfológicos e ambientais relacionados com os movimentos de vertente. Conhecidos os factores geomorfológicos e ambientais, devidamente georreferenciados, segue-se a fase de agrupamento dos mapas temáticos, de modo sistemático, através de um processo de integração de informações e de análise espacial.

#### 1.1. Geomorfologia

##### 1.1.1. Geologia

O mapa temático relativo à geologia foi digitalizado e georreferenciado em ambiente do ArcGIS 9.3 a partir do Mapa Geológico de Timor Português elaborado por Audley-Charles (1968). No mapa geológico figuram quatro formações geológicas aflorantes na área de estudo: (i) Formação de Maubisse; (ii) Formação de Aitutu; (iii) Formação de Wai Luli; e (iv) Bobonaro Scaly Clay (Figura 29).



**Figura 29** – Mapa de formações geológicas da área de estudo, região de Bobonaro

Na área de afloramento da Formação de Maubisse, circunscrita pela Formação de Wailuli, predominam rochas mais duras, formando vertentes muito abruptas, atingindo o ponto mais alto no topo do monte de Abendudatoi com uma altitude média de 1640 metros. A Formação de Maubisse, cuja área de afloramento coincide com as formas de relevo mais destacadas, é alongada segundo um eixo NE-SW, com vertentes simétricas na direcção NW-SE, tendo um comprimento médio de 1147 metros e um declive médio de 46.81%.

Na área de Formação de Aitutu afloram rochas mais brandas, constituídas por camadas brandas e de maior competência, alternadas e muito fracturadas. Esta formação aflora no monte de Mapeop (1239 metros de altitude), e no Pico de Lour (812m) que tem forma de mesa, no Pico de Lepo (853m), e no Pico de Mazop (665m). As vertentes do Monte de Mapeop são assimétricas, na direcção N-S. Na parte norte, as vertentes são mais abruptas, tendo um comprimento médio de 1048 metros e um declive médio de 34.64%; prolongam-se até a ribeira de “*Laku Zol*” fazendo limite com a Formação de Bobonaro Scaly Clay. Na parte Sul, não enquadrada na área de estudo, as vertentes são mais suaves.

Na área de Formação de Wailuli não se verificam grandes acidentes topográficos. Esta formação enquadra-se entre as formações de Maubisse e de Bobonaro Scaly Clay sem nenhuma orientação predominante e com uma altitude média de 1000 metros. Predominam as rochas muito brandas e fragmentadas. As suas vertentes são mais suaves, tendo o comprimento médio de 2222 metros e um declive médio de 17.44%.

Em termos litológicos, a área da Formação de Bobonaro Scaly Clay é mais heterogénea constituída predominantemente por material argiloso mal consolidado. A área de afloramento situa-se a uma altitude média de 900 metros, a morfologia tem muita semelhança com as formações de Aitutu de Wailuli, caracterizada por vertentes suaves e assimétricas, cuja orientação predominante é de NW-SE, tendo em geral um comprimento médio de 1927 metros e um declive de 16.10%.

### **1.1.2. Litologia**

A resistência das rochas à meteorização pelos agentes da geodinâmica externa pode traduzir-se em resistência química e resistência mecânica. Sendo a água o principal agente da meteorização química e, sendo a água da chuva naturalmente ácida,

quanto mais elevado é o teor em carbonato de cálcio, mais vulnerável quimicamente é a rocha. Nas 22 amostras analisadas das formações de Wailuli e Bobonaro Scaly Clay, as percentagens em  $\text{CaCO}_3$  variam entre 1.34% e 28.55% (Tabela 4). O diâmetro médio das partículas da fracção detrítica, variou entre 7.30  $\mu\text{m}$  (silte muito fino) e 67.82  $\mu\text{m}$  (areia muito fina) (Tabela 4)

**Tabela 4** – Percentagem (%) de  $\text{CaCO}_3$  e diâmetro médio ( $\mu\text{m}$ ) da fracção detrítica

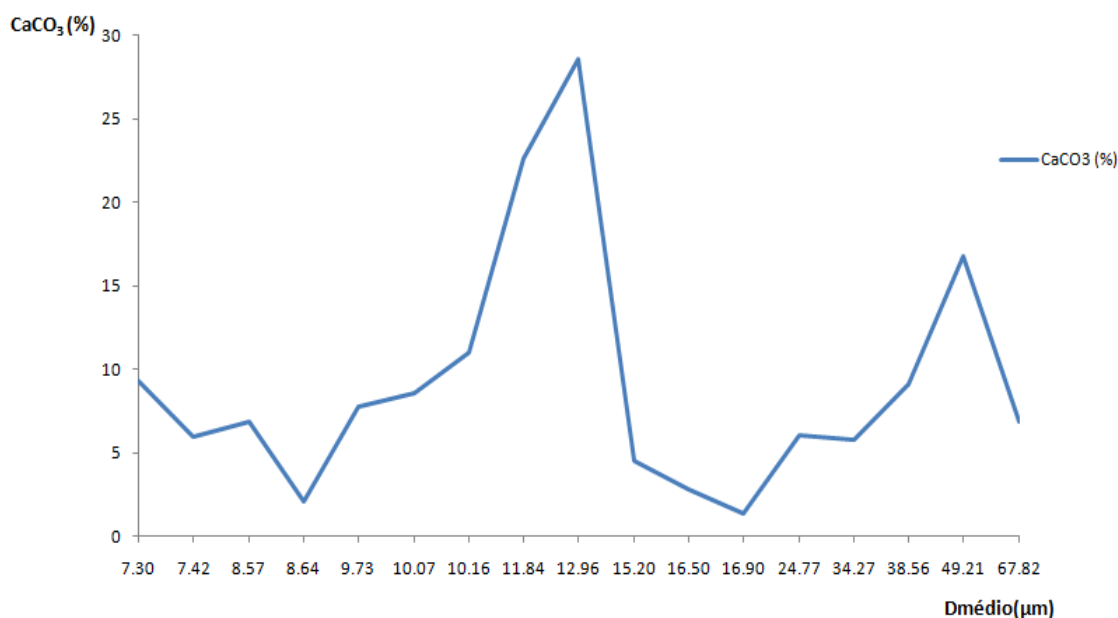
#	Formação	Amostra		CaCO <sub>3</sub>	Dmédio
		COD1	COD2	%	$\mu\text{m}$
A	B	C	D	E	F
1	Bobonaro	GM48(A)	B1	5.92	7.42
2	Bobonaro	GM51	B2	NA	NA
3	Wailuli	GM9	B3	6.07	24.77
4	Bobonaro	GM14(A)	B4	9.32	7.30
5	Bobonaro	GM56	B5	NA	NA
6	Bobonaro	GM36	B6	7.74	9.73
7	Bobonaro	GM76(B)	B7	16.76	49.21
8	Bobonaro	GM61(A)	B8	10.99	10.16
9	Wailuli	GM23	B9	5.82	34.27
10	Bobonaro	GM76(E)	B10	6.83	67.82
11	Bobonaro	GM12	B11	NA	NA
12	Bobonaro	GM48(B)	B12	6.84	8.57
13	Bobonaro	GM18(B)	B13	9.13	38.56
14	Bobonaro	GM38(A)	B14	8.56	10.07
15	Bobonaro	GM76(A)	B15	28.55	12.96
16	Bobonaro	GM19	B16	2.08	8.64
17	Bobonaro	GM76-C	B17	22.64	11.84
18	Bobonaro	GM18(A)	B18	2.77	16.50
19	Bobonaro	GM47(A)	B19	4.47	15.20
20	Wailuli	GM29	B20	NA	NA
21	Wailuli	GM7	B21	1.34	16.90
22	Bobonaro	GM14(B)	B22	NA	NA

De entre as vinte e duas amostras, cinco não sofreram qualquer tipo de desagregação, após mergulhadas em HCl a 25% durante uma semana. Estas cinco amostras são B2, B5, B11, B22 pertencentes à Formação de Bobonaro Scaly Clay e B20 pertencente à Formação de Wailuli. Este grupo de amostras corresponde a xistos argilosos negros, intensamente folheados que se desagregam facilmente do ponto de

vista mecânico. Por este motivo, produz um rególito constituído por seixo patelar (Figura 30b). A amostra B11 é de xisto argiloso negro mais compacto e mecanicamente mais resistente em relação às amostras do grupo anterior (Figura 30b).



(a) (b)  
**Figura 30** – Exemplos de amostras de xisto argiloso negro (a) - B2 (GM51) e (b) - B11 (GM12)



**Figura 31** – Gráfico de relação entre o diâmetro médio (μm) das partículas e a percentagem de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>%)

Analisando os dados na Tabela 4, verifica-se que as rochas da Formação de Bobonaro Scaly Clay consistem numa variedade granulométrica desde os 7.3μm até os

67.82 $\mu$ m (silte muito fino a areia muito fina), enquanto que a fracção detrítica das rochas da Formação de Wailuli que foram analisadas é melhor calibrada relativamente às rochas anteriores, com diâmetro das partículas variando entre os 16.90 $\mu$ m a 34.27 $\mu$ m (silte muito fino). Em termos de quantidade de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>%) encontram-se valores muito elevados na Formação de Bobonaro Scaly Clay, num intervalo de 2.77% - 28.55% com uma tendência de diminuição à medida que vai aumentando o tamanho das partículas. A Formação de Wailuli contém uma percentagem de CaCO<sub>3</sub>% muito reduzida, apesar do número destas amostras não ser representativo, num intervalo de 1.34% - 6.07%.

Summerfield (1991), Ohlmacher, (2000), Duncan & Wright (2005), Yalcin (2007) referem as argilas, como sendo responsáveis pela grande percentagem dos problemas de estabilidade das vertentes. Isso deve-se às suas complexas interações com a água, alterando as propriedades de resistência das argilas. Estas propriedades são sujeitas a alterações ao longo do tempo, através da consolidação, expansão, meteorização, desenvolvimento de fendas e reptação.

Em condições semelhantes, sujeitas à mesma pressão e ao mesmo teor de água, as argilas sofrem alterações diversas como fracturação frágil, deformação plástica ou comportam-se como fluido viscoso. Esta variação de comportamento depende da capacidade de cada tipo de mineral argiloso, de absorver a água (Tabela 5). A montmorilonite e outros minerais argilosos esmectíticos em geral, têm o maior limite de plasticidade e de liquidez devido à sua estrutura cristalina que permite uma elevada capacidade de adsorção de água e uma consequente variação de volume. Assim, os solos ricos em esmectite expandem e contraem significativamente quando são sucessivamente molhados e secos. A caulinite, pelo contrário, tem capacidade de absorção de água muito mais limitada (Selby, 1982; Summerfield, 1991; Duncan & Wright, 2005).

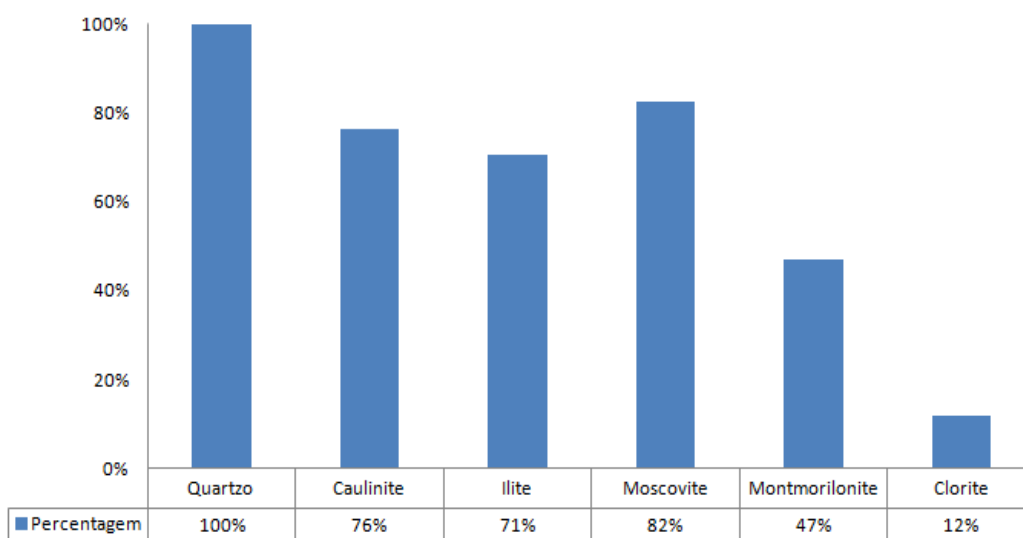
**Tabela 5** – Limites de Atterberg para alguns tipos de minerais argilosos (Selby, 1982)

Mineral	Superfície específica	Limite de Plasticidade	Limite de Liquidez	Limite de Contração	Alteração de Volume
	$m^2 g^{-1}$	%	%	%	
Esmectite	800	54 - 98	290 - 710	8.5 - 15	Elevado
Ilite	80	49 - 54	95 - 120	15 - 17	Médio
Caulinite	15	27 - 37	38 - 59	3 - 15	Baixo

O resultado da análise mineralógica das 17 amostras referentes às formações de Wailuli e Bobonaro Scaly Clay, evidenciaram como principais minerais argilosos: caulinite, ilite, moscovite, montmorilonite, esmectites não diferenciadas e clorite e, como minerais não argilosos, o quartzo e a moscovite (Tabela 6), de acordo com os resultados apresentados por Lisboa et al., (2003). Selby (1982), Summerfield (1991), Duncan & Wright (2005) consideraram três minerais argilosos principais, como responsáveis pela diminuição da resistência da maioria dos solos face à dinâmica das vertentes, nomeadamente: esmectite, ilite e caulinite (Tabela 5). Nesta perspectiva, agruparam-se as amostras em dois conjuntos: (i) as amostras B1, B3, B7, B8, B12, B15, B18, B19 2 B21 que não contêm a montmorilonite ou esmectite, sendo os principais minerais argilosos, a caulinite e não argiloso a moscovite; (ii) as amostras B4, B6, B9, B10, B13, B14, B16 e B17 onde predominam os minerais argilosos, como a esmectite e a ilite. A Figura 32 mostra que o quartzo se encontra em todas as amostras seguindo-se a moscovite como mineral frequente (82% das amostras).

**Tabela 6** – Análise mineralógica qualitativa das rochas argilosas

Formação	Amostra		Quartzo	Caulinite	Illite	Moscovite	Montmorilonite	Clorite
	COD1	COD2						
Bobonaro	GM48(A)	B1	✓	✓	-	✓	-	-
Wailuli	GM9	B3	✓	✓	-	✓	-	-
Bobonaro	GM14(A)	B4	✓	-	✓	✓	✓	-
Bobonaro	GM36	B6	✓	-	✓	-	✓	-
Bobonaro	GM76(B)	B7	✓	✓	✓	✓	-	-
Bobonaro	GM61(A)	B8	✓	✓		✓	-	-
Wailuli	GM23	B9	✓	-	✓	✓	✓	✓
Bobonaro	GM76(E)	B10	✓	✓	✓	-	✓	-
Bobonaro	GM48(B)	B12	✓	✓	-	✓	-	-
Bobonaro	GM18(B)	B13	✓	-	✓	✓	✓	✓
Bobonaro	GM38(A)	B14	✓	✓	✓	-	✓	-
Bobonaro	GM76(A)	B15	✓	✓	✓	✓	-	-
Bobonaro	GM19	B16	✓	✓	✓	✓	✓	-
Bobonaro	GM76( C)	B17	✓	✓	✓	✓	✓	-
Bobonaro	GM18(A)	B18	✓	✓	✓	✓	-	-
Bobonaro	GM47(A)	B19	✓	✓		✓	-	-
Wailuli	GM7	B21	✓	✓	✓	✓	-	-



**Figura 32** – Distribuição de minerais argilosos, com uma predominância do quartzo e da moscovite.

Audley-Charles (1965), Rosidi (1975. in: UNSCAP, 2002) identificaram as argilas de Bobonaro Scaly Clay, na sua maioria, compostas por argila bentonítica de cores variadas, com uma média de 35% de esmectite. Este mineral argiloso é expansivo, pelo que as argilas que o contêm, podem facilmente dar origem a movimentos de vertente, durante ou imediatamente após a precipitação, mesmo para declives não muito acentuados. Nogueira e Rodrigues (2010) identificaram áreas de ocorrência de movimentos de vertente com incidência essencialmente na Formação de Bobonaro Scaly Clay, com declives inferiores a 12°. Carson & Kirkby (1972) definiram o limite de declive inferior para a estabilidade do material argiloso como sendo entre 8° e 11°. Na área de estudo, especificamente nas áreas onde afloram as formações de Wailuli e Bobonaro Scaly Clay, os declives variam de 12° a 25°, expondo de xistos argilosos com esmectite, portanto muito vulneráveis à ocorrência de movimentos de massa na forma de reptação, como se verifica na Figura 33, que de facto, constituem um elemento paisagístico muito comum na área de estudo.

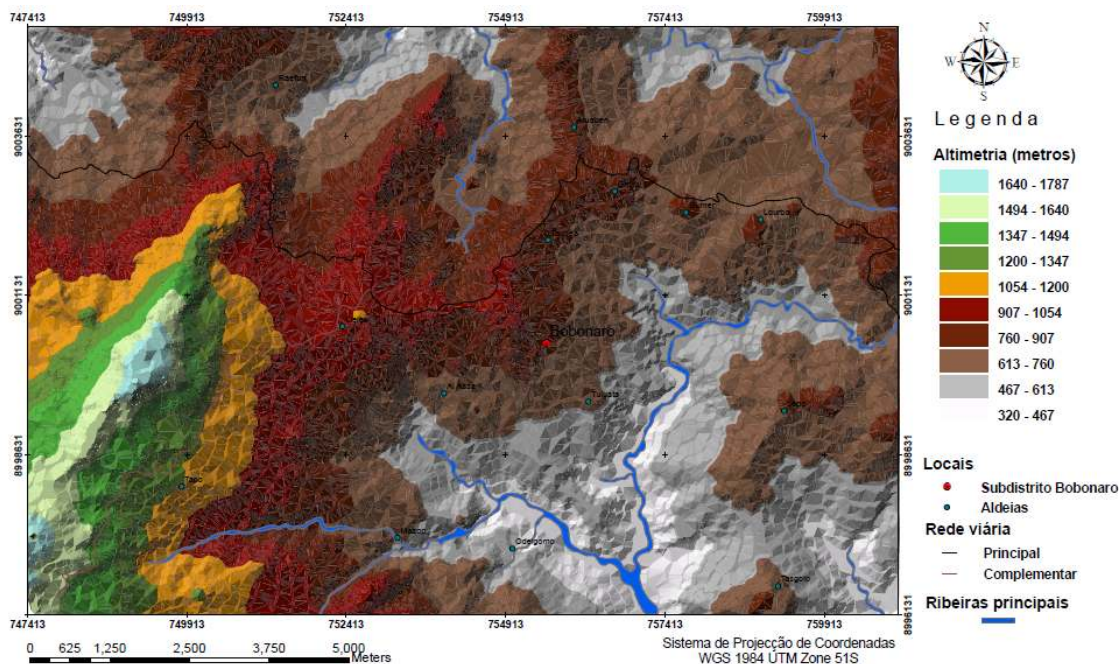


**Figura 33** – Paisagem de movimentos de massa de tipo reptação (Foto 2009)

### 1.1.3. Relevo

O mapa temático do Modelo Digital do Terreno (MDT) contém informações relativas à altimetria que foram geradas a partir dos dados de curvas de nível e de pontos cotados. Estes dados de base foram elaborados pelo ICIST/GERTiL e publicados no Portal SIG de Timor-Leste (2007) em formato vectorial “*shapefile*”. Os valores dos atributos da altimetria contêm um intervalo de 320 – 1787 metros acima do nível do

mar, classificado em 10 classes hipsométricas com um intervalo de 147 metros (Figura 34).



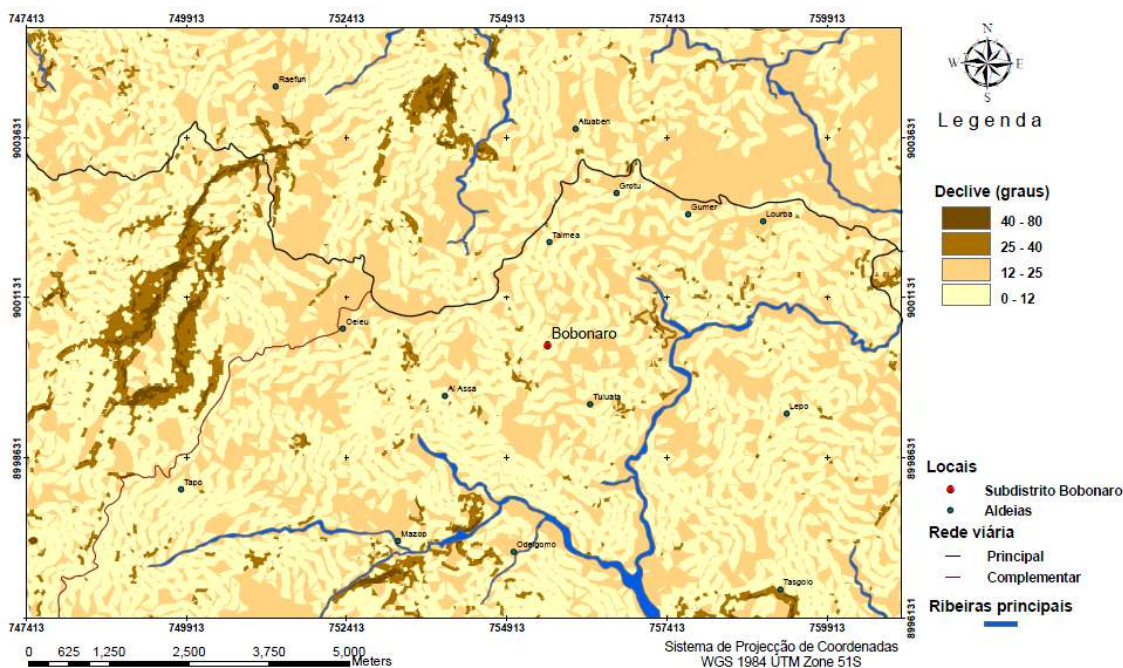
**Figura 34** – Mapa de altimetria (TIN/MDT) da área de estudo, região de Bobonaro

A partir do MDT observa-se a heterogeneidade espacial da área, apresentando uma morfologia bastante acidentada com elevações pronunciadas e recortadas por vales que evidenciam uma variação hipsométrica de 1467 metros. O relevo mais conspícuo é a montanha de Abendudatoi com um alongamento segundo a direcção NE-SW. Possui uma cota máxima de 1787 metros e expõe as rochas da Formação de Maubisse, essencialmente calcários. A crista deste conjunto montanhoso, ou linha de fecho, separa as várias bacias hidrográficas, cuja direcção de escoamento fluvial é para norte (mar de Sawu) e para sul (mar de Timor). A principal bacia hidrográfica é da ribeira de “*Laku Zol*” cujo vale principal possui uma direcção de NW-SE. Na zona de junção das ribeiras de “*Laku Zol*” e de “*Lomea*” encontra-se um encaixe estreito e profundo da linha de água principal, com vertentes de fortes declives. As vertentes são assimétricas, sendo que, as viradas a E são mais abruptas, com um declive máximo de 50%.

#### 1.1.4. Declive

O mapa de declividade foi gerado a partir do MDT e foi reclassificado em quatro classes como: (i) 0°-12°; (ii) 12°-25°; (iii) 25°-40°; (iv) 40°-80° (Figura 35). A determinação das classes baseou-se numa análise da geologia da área de estudo

consoante a composição das rochas. Na Figura 35 observa-se a predominância das duas primeiras classes de declive num intervalo de  $0^\circ - 12^\circ$  e de  $12^\circ - 25^\circ$ . Esta área coincide quase na totalidade com as áreas das formações de Aitutu, Wailuli e Bobonaro Scaly Clay constituídas por material argiloso, mas com maior concentração na Formação de Bobonaro Scaly Clay. Os declives de classes superiores a  $25^\circ$  localizam-se essencialmente nas encostas adjacentes aos picos das montanhas. Salientam-se com mais notoriedade os fortes declives na montanha de Abendudatoi, onde aflora a Formação de Maubisse.



**Figura 35** - Mapa de declividade da área de estudo, região de Bobonaro

### 1.1.5. Orientação das vertentes

Este mapa contém informação relativa à orientação das vertentes geradas a partir do MDT. A orientação das vertentes foi classificada por defeito em 10 classes, onde 9 classes representam as orientações cartográficas N ( $0^\circ - 22.5^\circ$ ), N-E ( $22.5^\circ - 67.5^\circ$ ), E ( $67.5^\circ - 112.5^\circ$ ), S-W ( $112.5^\circ - 157.5^\circ$ ), S ( $157.5^\circ - 202.5^\circ$ ), S-W ( $202.5^\circ - 247.5^\circ$ ), W ( $247.5^\circ - 292.5^\circ$ ), N-W ( $292.5^\circ - 337.5^\circ$ ), N ( $337.5^\circ - 360^\circ$ ), e uma classe representa as superfícies planas de um valor (-1). Na Figura 36 observa-se a predominância das três classes de orientação num intervalo de  $67.5^\circ - 202.5^\circ$ , ou seja, de orientação predominante NE-SE.

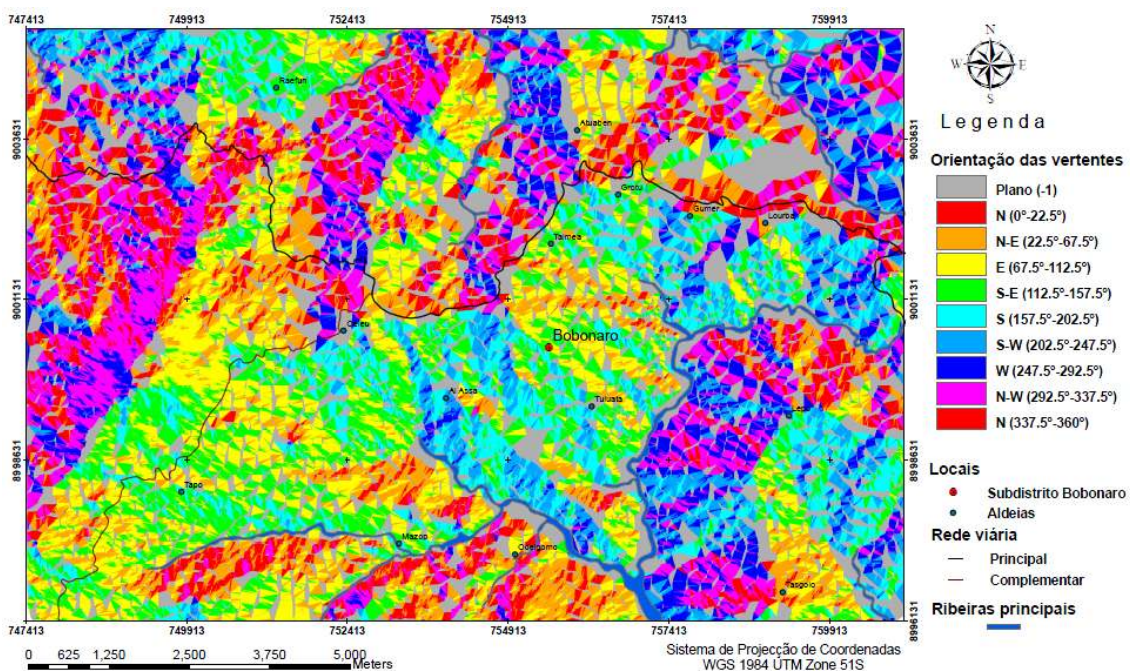


Figura 36 – Mapa de orientação de vertentes da área de estudo, região de Bobonaro

### 1.1.6. Drenagem

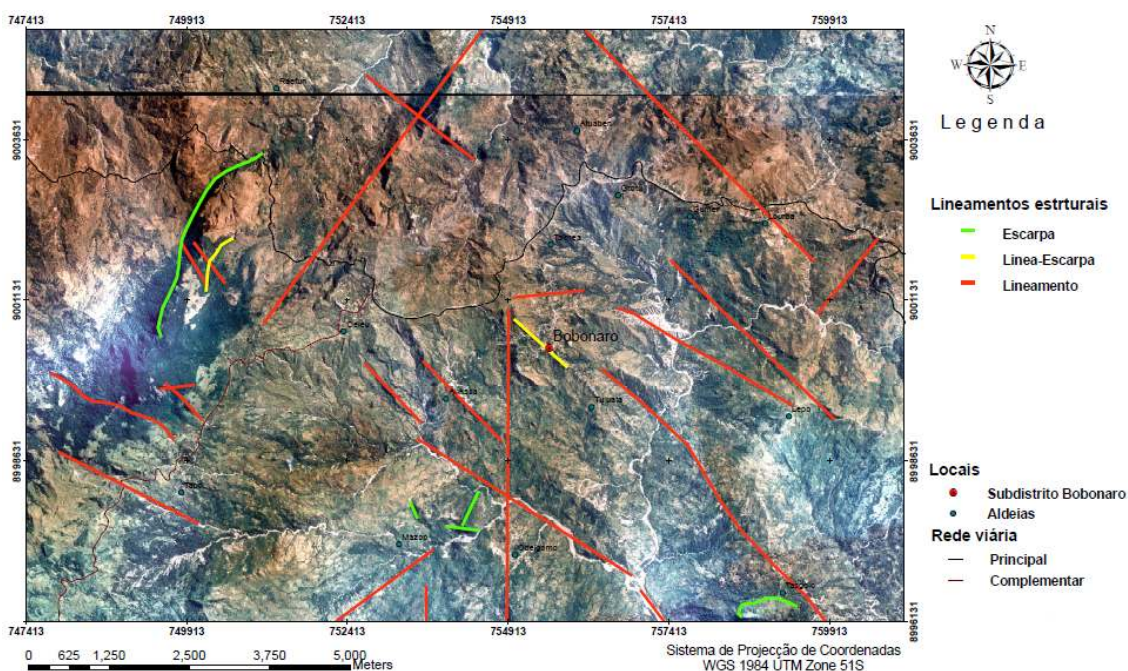
O mapa temático de hidrografia foi gerado a partir do MDT em ambiente ArcGIS 9.3. Neste processo foram definidas automaticamente as principais bacias hidrográficas, as linhas de água de escoamento fluvial e a determinação da ordem dos cursos de água segundo o método “Strahler” (Figura 37). Foram extraídos também os dados numéricos, nomeadamente a área e o comprimento total do escoamento das respectivas bacias hidrográficas, que permitiram calcular a Densidade de Drenagem (DD) das bacias hidrográficas (Lencastre & Franco, 2006), como se representa na Tabela 7.

Tabela 7 – Densidade de drenagem das bacias hidrográficas da área de estudo, região de Bobonaro

Bacia	Área (Km <sup>2</sup> )	Comprimento (Km)	Densidade de Drenagem (D)
A	60,885	11,410	0,187
B	6,632	3,924	0,952
C	10,308	4,718	0,454
D	3,341	2,569	0,769
E	10,352	5,703	0,551
F	15,089	6,656	0,419
G	11,909	5,396	0,453



Foram diferenciados neste processo de interpretação, três tipos de lineamentos eventualmente coincidentes com as direcções de fractura principais: (i) escarpas; (ii) lineamentos-escarpas; (iii) lineamentos. Na área de afloramento da Formação de Maubisse predominam os lineamentos correspondentes às falhas prováveis de orientação NN-E a N-E e N-W. As orientações próximas de N-S e E-W são menos importantes. Na área de Formação de Wailuli registam-se também direcções N-E e N-W, mas na área de Bobonaro Scaly Clay predomina a orientação N-W a NN-W (Figura 38).



**Figura 38** – Mapa de lineamentos estruturais da área de estudo, região de Bobonaro

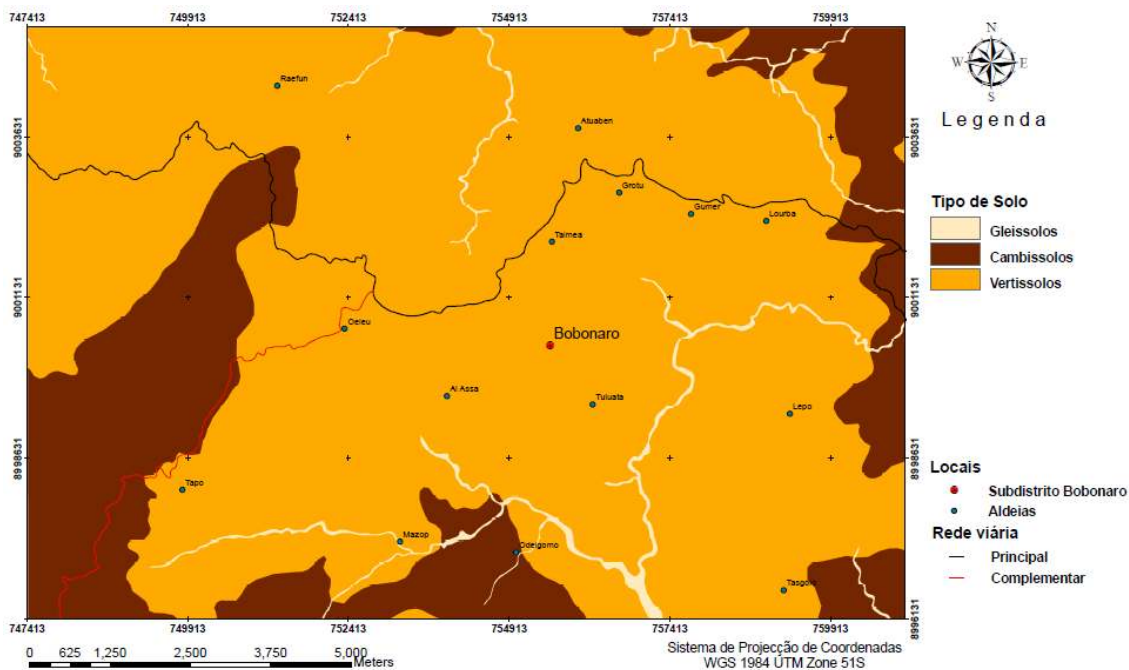
## 1.2. Solo, vegetação e uso do solo

### 1.2.1 Solo

O mapa temático original de tipo de solo de Timor-Leste foi elaborado pelo ICIST/GERTiL e publicado no Portal SIG de Timor-Leste (2007) em formato vectorial, tendo-se baseado na classificação do solo apresentada por Garcia & Cardoso (1978). O mapa temático foi recortado em conformidade com a área de estudo. Na figura 39 figuram os tipos de solos aflorantes na área de estudo: (i) cambissolos; (ii) gleissolos; e (iii) vertissolos.

Os vertissolos afloram numa grande parte da área de estudo, que coincide essencialmente com as formações de Wailuli e de Bobonaro Scaly Clay, onde

predomina o material argiloso, considerado como solo mais pobre, muito fragmentado e de mais fácil transporte hídrico, constituindo um dos factores determinantes para a ocorrência de movimentos de vertente.



**Figura 39** – Mapa de tipo de solo da área de estudo, região de Bobonaro

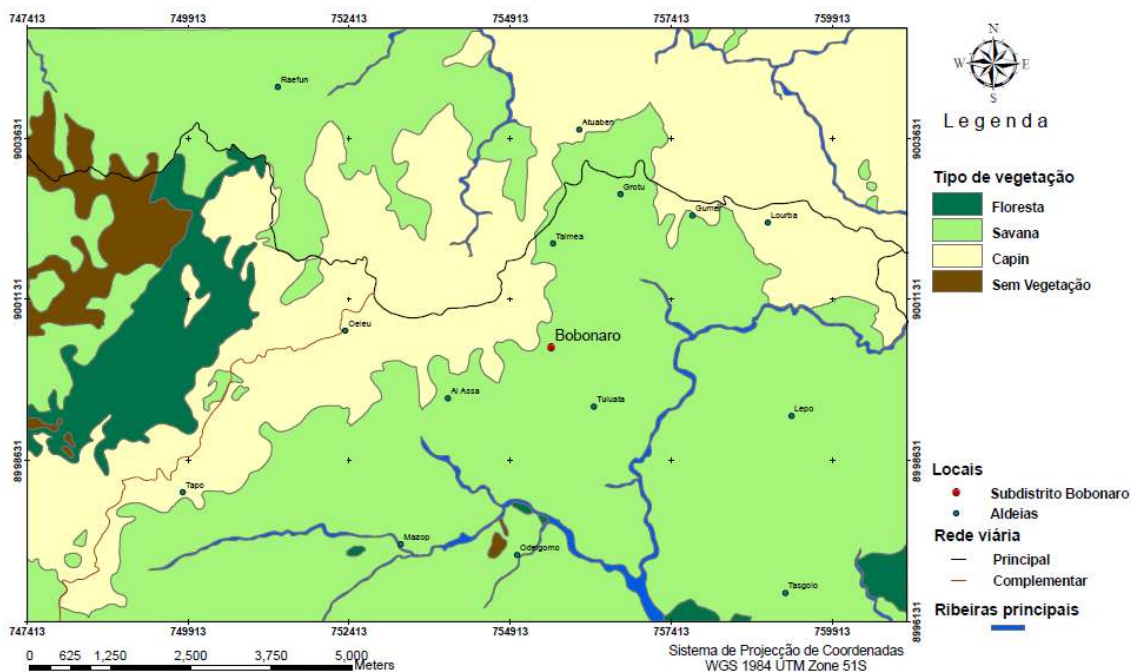
Segundo a FAO-UNESCO e a taxonomia de solo dos EUA, os vertissolos são solos de textura pesada com um alto teor de argila expansiva conhecido como montmorilonite (em todos os horizontes, pelo menos até à profundidade de 50 cm), que formam fendas profundas (de 1 cm de largura até 50 centímetros de profundidade) no período seco. Nesta situação o volume do solo diminui, e no período de chuva, o volume do solo expande. Geralmente, forma-se um micro relevo do tipo “*gilgai*” (Mermut et al., 1996). A vegetação natural nos vertissolos é o capim ou pastagem e savana, condicionada pelo comportamento da textura pesada e instável do solo, que torna difícil o desenvolvimento de outras espécies vegetais. A expansão e a contracção nos vertissolos podem levar à subsidência e danificar os edifícios e as vias, criando sérios problemas em projectos de engenharia.

### 1.2.2. Vegetação

O mapa temático de vegetação foi digitalizado em ambiente ArcGIS 9.3 a partir dos mapas topográficos digitais da região, folhas, 2406-543 e 2407-22, referência

espacial WGS84. O tipo de vegetação foi classificado em quatro classes: (i) floresta; (ii) savana; (iii) capim; e (iv) sem vegetação (Figura 40).

O tipo de vegetação na área de estudo é essencialmente de tipo savana e capim, excepto em zonas específicas, como nas escarpas e nas cristas das montanhas, que são geralmente cobertas por floresta densa. Verifica-se também uma reduzida área sem cobertura de vegetação.



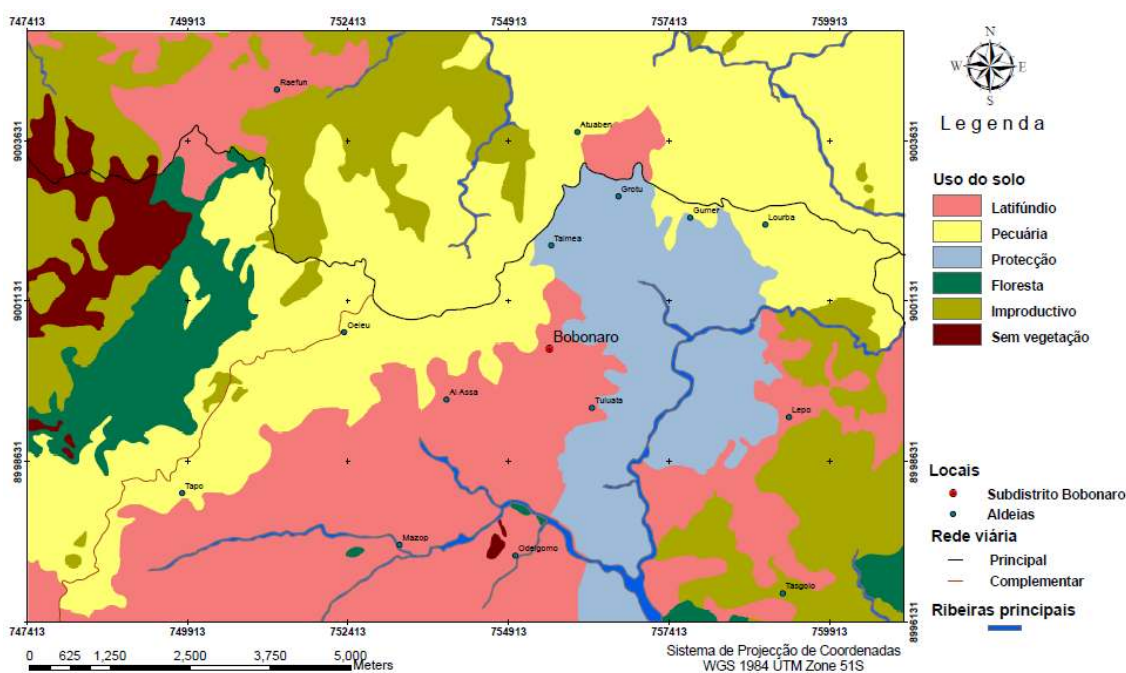
**Figura 40** – Mapa de vegetação da área de estudo, região de Bobonaro

### 1.2.3. Uso do solo

O mapa temático de uso do solo foi digitalizado a partir dos mapas topográficos digitais da região, folhas 2406-543 e 2407-221, referência espacial WGS84, em ambiente ArcGIS 9.3. O tipo de uso do solo foi classificado em seis classes: (i) floresta; (ii) improdutivo; (iii) latifúndio; (iv) pecuária; (v) protecção; e (vi) sem vegetação (Figura 41).

O uso do solo na área de estudo é fundamentalmente dedicado à actividade pecuária, cujo tipo de vegetação é essencialmente savana e capim. O uso do solo para fins agrícolas é muito reduzido, como se pode observar na Figura 41, condicionado essencialmente por áreas improdutivas, áreas de instabilidade de vertentes e sem vegetação, devido à sua natureza imprópria para o cultivo. A área de protecção tem

como objectivo principal recuperar o solo degradado e proteger áreas onde o fenómeno de movimentos de vertente é generalizado.



**Figura 41** – Mapa de uso do solo da área de estudo, região de Bobonaro

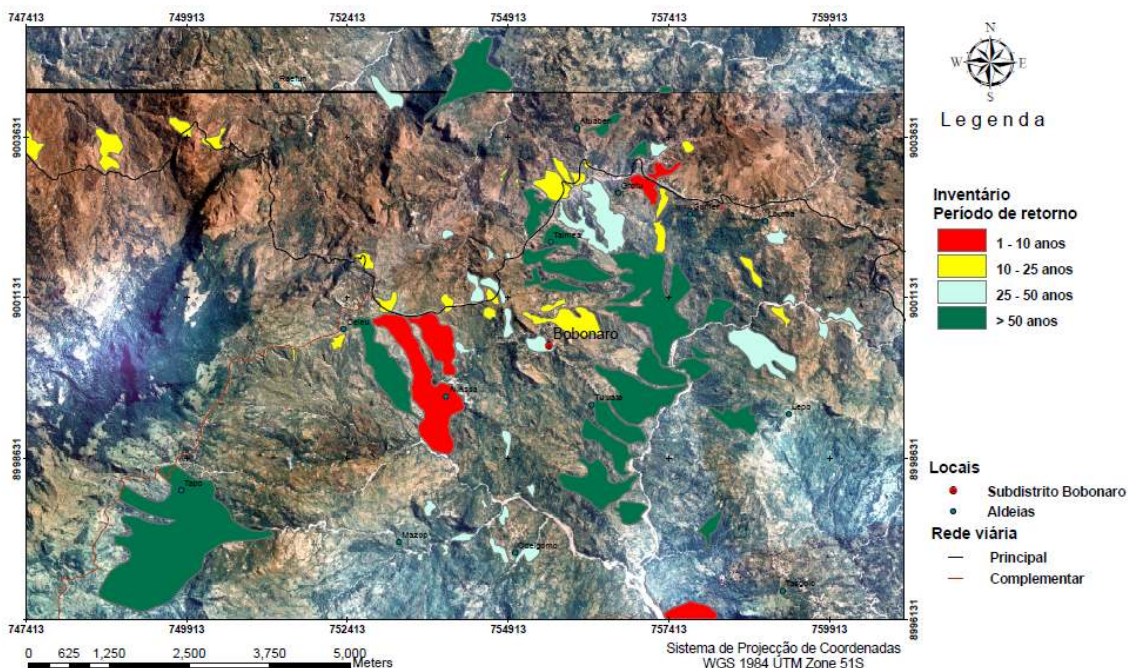
### 1.3. Inventário de movimentos de vertente

O mapa temático de inventário de movimentos de vertente foi digitalizado a partir dos ortofotomapas da região, folhas 2406-543 e 2407-22, referência espacial WGS84 e da imagem do *Google Earth*. Através do processo de fotointerpretação e juntamente com os dados do levantamento de campo foram identificadas as áreas onde ocorreram os movimentos de vertente. As áreas identificadas foram depois classificadas em quatro classes de período de retorno tendo como referência o ano de trabalho de campo de 2009: (i) mais de 50 anos, (ii) de 25 a 50 anos; (iii) de 10 a 25 anos; e (iv) de 1 a 10 anos (Figura 42).

#### 1.3.1 Ocorrência de movimentos de vertente

Foram registados movimentos de vertente, em *Fatuk Monu* no fim do século XVIII. Esta ocorrência ficou enraizada na cultura, na toponímia e no estabelecimento de novos agrupamentos de povoamento ou aldeias na região de Bobonaro. *Fatuk Monu* foi um local muito povoado pela etnia de *Lamak Hitu*. A ocorrência do movimento de vertente destruiu praticamente a área povoada, causando perdas e danos materiais, e

perda de muitas vidas humanas. Após a catástrofe, foram estabelecidos novos locais para povoamento a Sul (Malilait), actual capital do subdistrito de Bobonaro, e a Norte (Taimea e Grotu). Em 1918, foi construída uma estrada pelos portugueses passando nesta zona, mas, em 1969 já não se podia circular. Presentemente, não se encontram as ruínas/vestigios dessa estrada (Figura 9). Um fenómeno registado na altura foi o facto de que no momento da ocorrência não choveu, mas as nascentes na área estavam todas com excesso de água, fora do normal. Verificou-se que o movimento de vertente nessa área se manteve activo de uma forma lenta. Esta área enquadra-se na Formação de Bobonaro Scaly Clay. No ano de 1937 com um período muito chuvoso, de Dezembro a Março, ocorreu um movimento de vertente em Grotu/Maro que causou danos materiais mas, felizmente, sem vítimas humanas. Encontram-se nesta zona onde aflora a Formação de Bobonaro Scaly Clay, testemunhos de movimentos de vertente com período de retorno superior a 50 anos e que, embora com movimentos muito lentos.



**Figura 42** – Mapa de inventário de movimentos de vertente na área de estudo, região de Bobonaro

No mês de Janeiro de 1983, ocorreu um movimento de vertente no seio da Vila do subdistrito de Bobonaro afectando as instalações da antiga Companhia de Cavalaria Nº 5 de Bobonaro e as casas das populações, causando danos materiais mas sem perda de vidas humanas. Os edifícios da vila de Bobonaro, foram, na sua maioria construídas nos finais da década de 50. As fissuras nas fachadas e no chão dos edifícios e na via

pública, têm vindo a aumentar ao longo do tempo, causadas pelo fenómeno do movimento lento e contínuo das vertentes, com agravamento nos períodos de precipitação elevada (Figura 43).



**Figura 43** – Prejuízos causados pelos movimentos de vertente na área de estudo, Vila de Bobonaro. (a) As instalações da antiga Companhia de Cavalaria Nº 5 de Bobonaro, (b) Via principal da Vila de Bobonaro. (Foto registada em 2008).

Em Março de 1997, depois de uma chuva torrencial e rajadas de ventos fortes, ocorreu um movimento de vertente durante a noite, perto da aldeia de *Lepo*, uma zona onde também aflora a Formação de Bobonaro Scaly Clay. A ocorrência da catástrofe causou danos aos latifúndios das populações mas sem perdas de vidas.

No mês de Fevereiro de 2003, em Aiassa, depois de mais de quatro horas de chuva contínua, deu-se a ocorrência de movimentos de vertente. O movimento iniciou-se a partir da meia-noite, prolongou-se até à madrugada, destruindo e transportando 40 parcelas de cultivo de milho e amendoim, mais uma casa de habitação, sem perdas de vidas humanas. O local do acontecimento situa-se precisamente na zona de contacto entre a Formação de Bobonaro Scaly Clay e de Wailuli.

Em 2006, foi realizado um projecto de manutenção da estrada perto da aldeia de Grotu, local onde aflora a Formação de Bobonaro Scaly Clay. Uma das acções desenvolvidas neste projecto foi criação de um sistema artificial de escoamento superficial das águas pluviais, em regime de acumulação do escoamento num único canal, sendo o caudal despejado num local devidamente reforçado com estruturas de gabiões de pedra e betão. Verificou-se que o sistema de drenagem natural foi completamente alterado. Quatro anos depois, a estrutura de gabiões de pedra e betão foi

destruída e transportada pelas correntes das águas pluviais deixando uma paisagem com ravinas de uma profundidade de mais de 20 metros como se ilustrada na Figura 44.

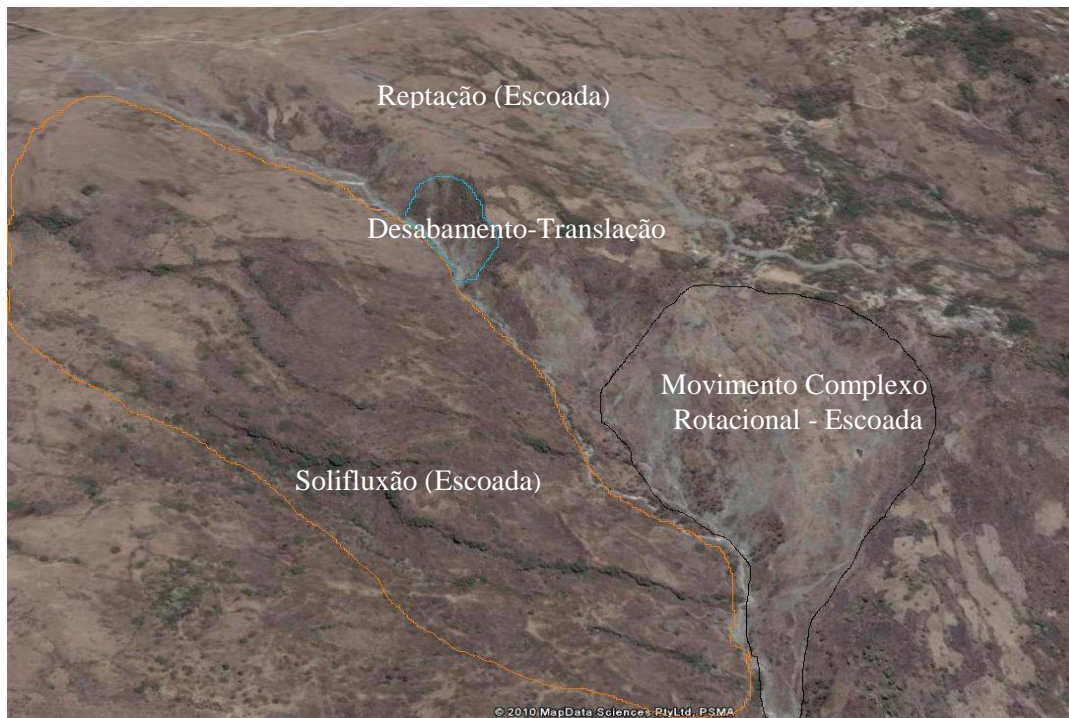


**Figura 44** – Causas de movimentos de vertente introduzido pelo homem. (a) A montante; (b) A jusante. (Foto registada em 2009).

### 1.3.2. Tipos de movimentos de vertente

Para completar o registo de movimentos de vertente foi efectuada uma análise geomorfológica do relevo através de foto-interpretação, associando essencialmente a morfologia dos movimentos de vertente, topograficamente bem identificados, com os tipos de movimentos de vertente. Na foto-interpretação foram utilizados os ortofotomapas da área de estudo, folhas 2406-543 e 2407-22, referência espacial WGS84 e as imagens obtidas do *Google Earth*.

Decorrente da foto-interpretação, verifica-se que na área de estudo, predomina, o tipo de movimentos de vertente “escoada”, especificamente de tipo “reptação”, caracterizado pela sua paisagem típica, formando crenulações e fendas no solo, seguindo as curvas de nível. Associados a este tipo de movimento, observam-se efeitos quer na vegetação quer no património construído, como por exemplo, árvores e postes de fios eléctricos inclinados, e vedações distorcidas (Dias, 2006, in: URL1). O fenómeno de reptação ocorre generalizadamente nas formações de Aitutu, Wailuli e Bobonaro Scaly Clay. Outro subtipo de escoada, por solifluxão foi observado na área de intersecção das formações de Wailuli e Bobonaro Scaly Clay, sendo o único na área de estudo. São bem identificáveis na paisagem os lóbulos sobre as vertentes que constituem elementos morfológicos característicos dos depósitos resultantes deste tipo de movimento de massa. (Figura 45).



**Figura 45** – Inventário de Movimentos de Vertentes (Fonte: *Google Earth* 2010)

Foram identificados outros tipos de movimentos de vertente como o desabamento, balançamento, deslizamento (rotacional e translacional), escoada e outros movimentos complexos (Figura 46). Os processos de movimentos de vertente observados na área de estudo, geralmente ocorrem na seguinte sequência: (i) nas vertentes mais próximas da crista da montanha, encontram-se preferencialmente a reptação e a solifluxão, agrupadas nos tipos de movimentos de vertente escoada; (ii) nas encostas com vertentes muito acentuadas, ou seja, nas ravinas, ocorrem os tipos de movimentos de vertente, desabamento de rochas ou materiais detríticos e deslizamento translacional; (iii) mais na base das encostas, ou seja, nas áreas próximas das linhas de água ocorre uma série de combinações entre os vários tipos de movimentos de vertentes designadamente: deslizamento rotacional-escoada; deslizamento translacional-escoada; desabamento-deslizamento rotacional; desabamento-deslizamento translacional; Especificamente, ao longo das linhas de água ocorrem geralmente o tipo de movimentos de vertente complexos. Devido à erosão hídrica junto às bases das ravinas, estas ficam instáveis e, em consequência, ocorrem inicialmente o desabamento, seguindo-se outros tipos como por exemplo o deslizamento rotacional ou translacional. Também se verifica

o surgimento de deposição de material detrítico junto à linha de água, como resultado da ocorrência de movimento de vertente, de tipo escoada. Normalmente, os movimentos de vertente do tipo deslizamento (translacional ou rotacional) e escoada, podem interceptar a linha de água principal devido ao transporte de grande quantidade de material, servindo como uma barragem natural com capacidade para alagar temporariamente uma vasta área, até que o sedimento seja removido e transportado naturalmente pela corrente da água.

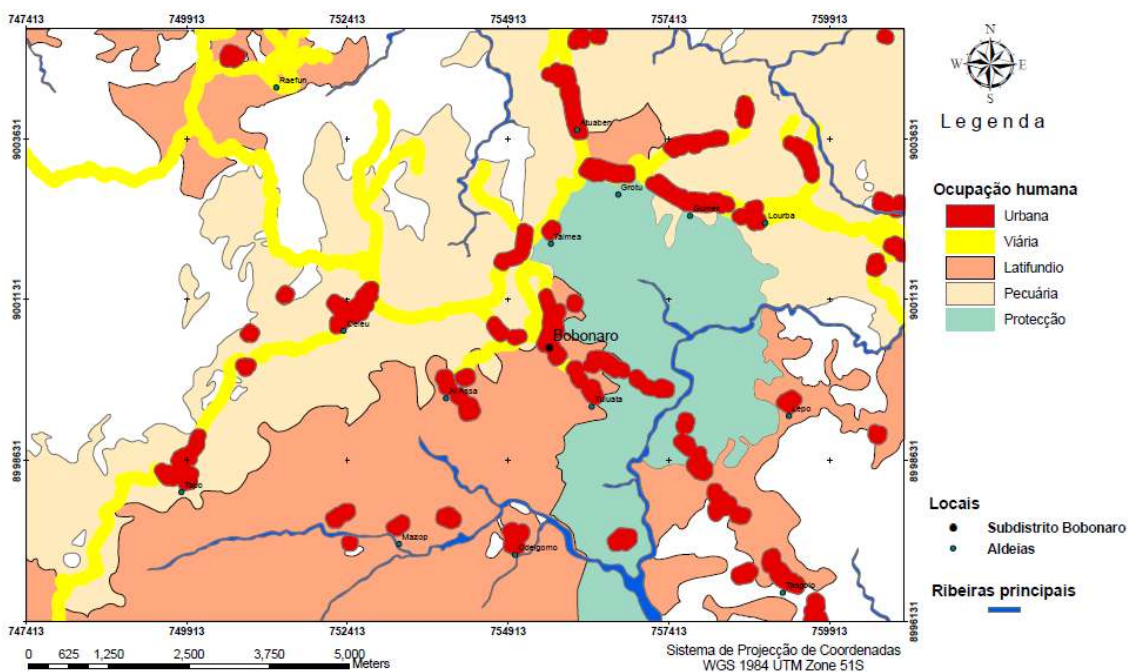


**Figura 46** – Registo de tipos de movimentos de vertente (a) Desabamento/queda de rochas; (b) Deslizamento translacional-Desabamento; (c) Deslizamento translacional; (d) Escoada (deposição de material detríticos); (e) Desabamento-Deslizamento translacional; (f) Desabamento de blocos argilosos (Fotos registadas em 2009)

#### 1.4. Ocupação humana

O mapa temático de ocupação humana contém informações no que diz respeito a toda a área ocupada pelo homem para satisfazer as suas necessidades e o seu desenvolvimento como a área urbana, rede viária, área de protecção e áreas de produção. Todos estes elementos com representação espacial são considerados como elementos vulneráveis à ocorrência de movimentos de vertente. No que se refere aos

mapas temáticos da área urbana e rede viária, estes foram elaborados pelo ICIST/GERTiL e publicados no Portal SIG de Timor-Leste (2007) em formato vectorial. Estes mapas foram recortados consoante a área de estudo e gerou-se níveis de proximidade que corresponde à classe de vulnerabilidade definidas por grandezas de distância de 20, 50, 100 metros para a área urbana e de 10, 25, 50 e 100 metros ao longo da rede viária. Relativamente aos mapas temáticos da área de produção e de protecção, estes foram digitalizados em ambiente ArcGIS 9.3 a partir dos mapas topográficos digitais da região folhas, 2406-543 e 2407-221. Assim, o mapa de ocupação humana foi diferenciado em cinco classes: (i) área urbana; (ii) rede viária; (iii) latifúndio; (iv) pecuária; (v) protecção (Figura 47)



**Figura 47** – Mapa de ocupação humana da área de estudo, região de Bobonaro

## 2. Padronização / Atribuição de Peso de Evidência

Os factores condicionantes à ocorrência de movimentos de vertente são representados em mapas temáticos (classes) e contêm informações adicionais, designadas por atributos ou subclasses. Na tentativa de aproximar o modelo à realidade, utilizou-se a abordagem heurística para atribuir o peso de evidência específico para cada subclasse, que corresponde à sua importância no processo de ocorrência de movimentos de vertente, respeitando um único padrão ou padronização dos dados ou das informações. No presente trabalho foram utilizados valores que compreendem um

intervalo de 0 – 10, onde o valor 0 corresponde à menor importância e 10 corresponde à maior importância. Na tabela 8 estão apresentados os resultados da atribuição dos pesos de evidências de cada mapa temático.

**Tabela 8** – Atribuição dos pesos de evidências de cada mapa temático

<b>Declive</b>	<b>Declive de Vertentes</b>		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	0 - 12	Maior importância ↑	4
	12 - 25		3
	25 - 40		2
	40 - 80	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

<b>Geologia</b>	<b>Formação Geológica</b>		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Maubisse	Menor importância ↓	1
	Aitutu		2
	Wai Luli		3
	Bobonaro	Maior importância	4
Nulo	Nulo	0	

<b>Vegetação</b>	<b>Tipo de Vegetação</b>		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Floresta	Menor importância ↓	1
	Savana		2
	Capim		3
	Sem Vegetação	Maior importância	4
Nulo	Nulo	0	

<b>Hidrográfica</b>	<b>Densidade de drenagem</b>		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Bacia D [0.769]	Maior importância ↑	7
	Bacia B [0.592]		6
	Bacia E [0.551]		5
	Bacia C [0.454]		4
	Bacia G [0.453]		3
	Bacia F [0.419]		2
	Bacia A [0.187]	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Solo	Tipo de Solo		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Vertissolos	Maior importância ↑	3
	Cambissolos		2
	Gleissolos	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Precipitação	Média mensal - Novembro a Maio		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	912 - 971 mm	Maior importância ↑	6
	851 - 912 mm		5
	791 - 851 mm		4
	631 - 791 mm		3
	671 - 731mm		2
	611 - 671 mm	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Linha de água	Distância a linha de água		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Distância 10 m	Maior importância ↑	4
	Distância 25 m		3
	Distância 50 m		2
	Distância 100 m	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Lineamento estrutural	Distância a lineamento estrutural		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Distância 10 m	Maior importância ↑	4
	Distância 25 m		3
	Distância 50 m		2
	Distância 100 m	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Uso do Solo	Uso do Solo		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Latifúndio	Maior importância ↑	6
	Pecuária		5
	Protecção		4
	Floresta		3
	Improductivo		2
	Sem vegetação	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Inventário	Período de retorno dos movimentos de vertente		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	1 - 10 anos	Maior importância ↓	4
	10 - 20 anos		3
	25 - 50 anos		2
	> 50 anos	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Urbana	Perímetro Urbano/Equipamentos		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Distância 20 m	Maior importância ↑	5
	Distância 50 m		2
	Distância 100 m	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Viária	Rede viária		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Distancia 10 m	Maior importância ↑	5
	Distancia 25 m		3
	Distancia 50 m		2
	Distancia 100 m	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

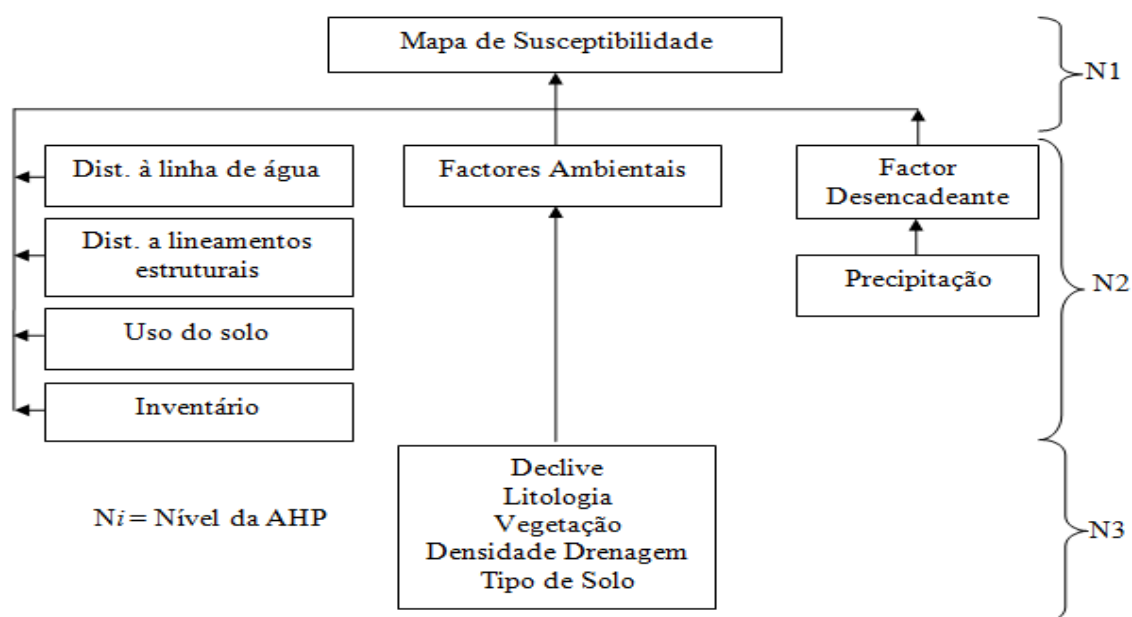
Produção	Área de produção		
	Subclasses	P. Qualitativo	P. Quantitativo
	Latifúndio	Maior importância	4
	Proteção		2
	Pecuária	Menor importância	1
Nulo	Nulo	0	

Após a atribuição dos pesos de evidências, os respectivos mapas temáticos foram convertidos em formato matricial (*raster*) nas mesmas grandezas, nomeadamente o tamanho do mapa, determinado pelo limite da área de estudo e o tamanho das células (*pixels*), ou seja, o número de linhas e de colunas em conformidade com a resolução pretendida (Guzzetti et al., 1999). Neste trabalho foram definidas 2734 colunas e 1841 linhas com tamanho de pixel 5x5 metros, ou seja, uma área de 125.83 km<sup>2</sup>. Seguiu-se o processo de cruzamento e reclassificação (C&R) dos mapas temáticos, quando

necessário, a fim de obter os mapas de factores condicionantes, geomorfológicos e ambientais, na ocorrência de movimentos de vertente.

### 3. Parametrização dos pesos dos factores

Para minimizar o factor de subjectividade na definição da importância ou do peso de cada um dos factores na criação dos mapas de susceptibilidade e de vulnerabilidade, recorreu-se à utilização da técnica de suporte à decisão AHP (*Analytical Hierarchy Process*) (Saaty, 1980). A relação de importância entre as classes, baseou-se na escala de valores da AHP, apresentado no capítulo III (Tabela 2). Devido à complexidade da natureza dos factores condicionantes que contribuem para a susceptibilidade de ocorrência de movimentos de vertente, foi necessário efectuar a definição dos pesos dos factores em diferentes níveis de AHP (Yoshimatsu e Abe 2006). Para este trabalho foram definidos três níveis da AHP. Foram agrupados em nível 3 para a análise da AHP, os seguintes factores ambientais como: declive, litologia, vegetação, densidade de drenagem, e tipo de solo. A nível 2, agruparam-se todos os factores geomorfológicos e ambientais que contribuem para a ocorrência de movimentos de vertente como: os factores ambientais analisados no nível 3 da AHP, juntamente com a precipitação, distância à linha de água, distância a lineamentos estruturais, uso do solo e o inventário de ocorrência de movimentos de vertente (Figura 48).



**Figura 48** - Nível de estruturação de classes do método de análise AHP (Yoshimatsu & Abe, 2006)

### 3.1. Factores ambientais

Para elaborar o mapa de factores ambientais consideraram-se os mapas temáticos com o declive, litologia, vegetação, densidade de drenagem, e tipo de solo. A tabela 9 mostra o resultado da AHP, com o peso de cada mapa temático. Neste caso, o mapa temático de declive tem maior importância relativa, em relação aos outros factores, no processo de ocorrência de movimentos de vertente.

**Tabela 9** – Matriz de comparação par-a-par, os pesos e o índice de consistência relativo aos factores geomorfológicos que contribuem para a ocorrência de movimentos de vertente.

Factores Nível 3		1	2	3	4	5	Pesos
<b>Geomorfologia</b>							
1	Declive	1	3	3	5	6	0,448
2	Litologia		1	3	5	5	0,276
3	Vegetação			1	3	3	0,147
4	Densidade de Drenagem				1	3	0,083
5	Tipo de Solo					1	0,047

**Índice de Consistência: 0.089 < 0.1**

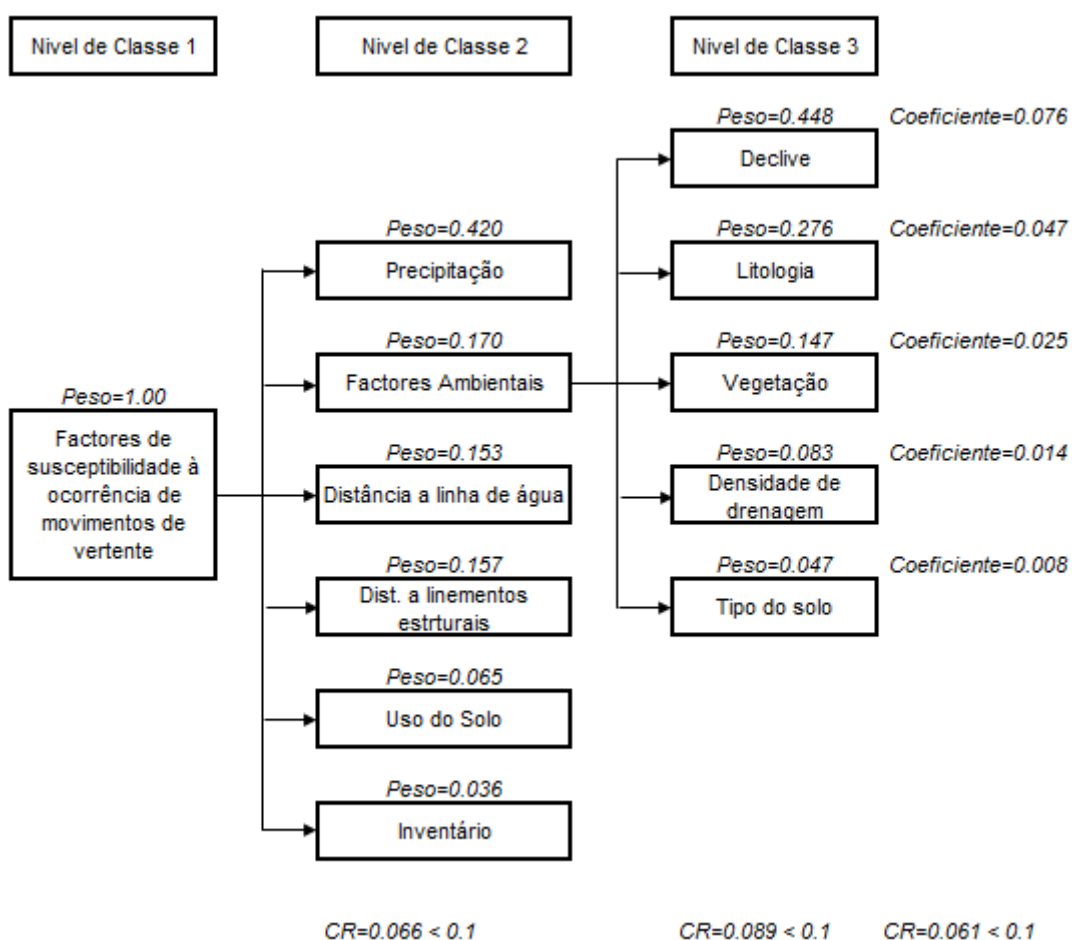
### 3.2. Factores de susceptibilidade

Para elaborar o mapa de susceptibilidade consideraram-se os mapas temáticos da precipitação, factores ambientais, distância à linha de água, distância a lineamentos estruturais, uso do solo e o inventário de ocorrência de movimentos de vertente. A Tabela 10 mostra a maior importância relativa dada ao factor de precipitação, em relação aos outros. A Figura 49 ilustra o esquema de atribuição de pesos dos mapas temáticos que constituem a susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (Yoshimatsu & Abe, 2006).

**Tabela 10** – Matriz de comparação par-a-par, os pesos e o índice de consistência relativo aos factores de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente.

Factores Nível 2		1	2	3	4	5	6	Pesos
<b>Susceptibilidade</b>								
1	Precipitação	1	3	5	3	5	7	0,420
2	Factores ambientais		1	1	1	3	7	0,170
3	Distância à linha de água			1	1	5	3	0,153
4	Dist. a lineamentos estruturais				1	3	5	0,157
5	Uso do Solo					1	3	0,065
6	Inventário						1	0,036

**Índice de Consistência: 0.066 < 0.1**



**Figura 49** - Diagrama de atribuição de peso dos mapas temáticos (factores) de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente (Yoshimatsu & Abe, 2006).

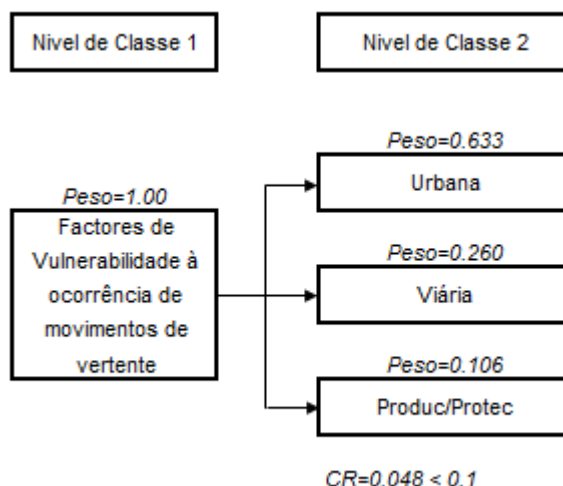
### 3.3. Factores de vulnerabilidade

Para elaborar o mapa de vulnerabilidade consideraram-se os mapas temáticos da área urbana, rede viária, e a área de produção e protecção, com os resultados de atribuição de pesos apresentada na Tabela 11. Verifica-se que a área urbana tem maior importância, relativamente à rede viária e às áreas de produção e de protecção. A figura 50 ilustra o esquema de atribuição de pesos dos mapas temáticos vulneráveis à ocorrência de movimentos de vertente (Yoshimatsu & Abe, 2006).

**Tabela 11** – Matriz de comparação par-a-par, pesos e índice de consistência relativo aos factores vulneráveis à ocorrência de movimentos de vertente.

Factores Nível 2		1	2	3	Pesos
<b>Vulnerabilidade</b>					
1	Urbana	1	3	5	0,633
2	Viária		1	3	0,260
3	Produção e Protecção			1	0,106

**Índice de Consistência: 0.048 < 0.1**



**Figura 50** - Diagrama de atribuição de peso dos mapas temáticos (factores) de vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de vertente (Yoshimatsu & Abe, 2006).

### 4. Sobreposição dos factores

Na tentativa de aproximar o modelo à realidade aplicou-se uma sobreposição ponderada dos factores contribuintes para a ocorrência de movimentos de vertente, cujos valores ou pesos foram obtidos através de técnicas de suporte à decisão AHP. Para

efectuar a sobreposição dos factores, ou seja, a sobreposição dos mapas, recorreu-se à utilização da ferramenta do ArcGIS 9.3, especificamente o *Spatial Analyst Tools/Map Algebra/Single Output Map Algebra*. Foram elaborados os mapas de susceptibilidade, vulnerabilidade e de risco numa resolução da imagem 5x5 metros e imprimidos em papel ou em formato digital à escala 1: 25.000 com o tamanho de 80 cm de comprimento e 50 cm de largura.

A sobreposição ponderada dos factores contribuintes para a ocorrência de movimentos de vertente, é representada através de expressões algébricas, executadas no ambiente ArcGIS 9.3 utilizando linguagem de mapas que permite efectuar operações algébricas (*Map Algebra*).

$$\text{Factores Ambientais (FA)} = 0.448 * (\text{Declive}) + 0.276 * (\text{Litologia}) + 0.147 * (\text{Vegetação}) + 0.083 * (\text{Densidade de drenagem}) + 0.047 * (\text{Tipo do solo})$$

$$\text{Susceptibilidade (S)} = 0.420 * (\text{Precipitação}) + 0.170 * (\text{Factores Ambientais}) + 0.153 * (\text{Distancia a linha de água}) + 0.157 * (\text{Distancia a lineamentos estruturais}) + 0.065 * (\text{Uso do solo}) + 0.036 * (\text{Inventario})$$

$$\text{Vulnerabilidade (V)} = 0.633 * (\text{Urbano}) + 0.260 * (\text{Viária}) + 0.106 * (\text{Produc\_Protec})$$

$$\text{Risco (R)} = \text{Susceptibilidade (S)} + \text{Vulnerabilidade (V)}$$

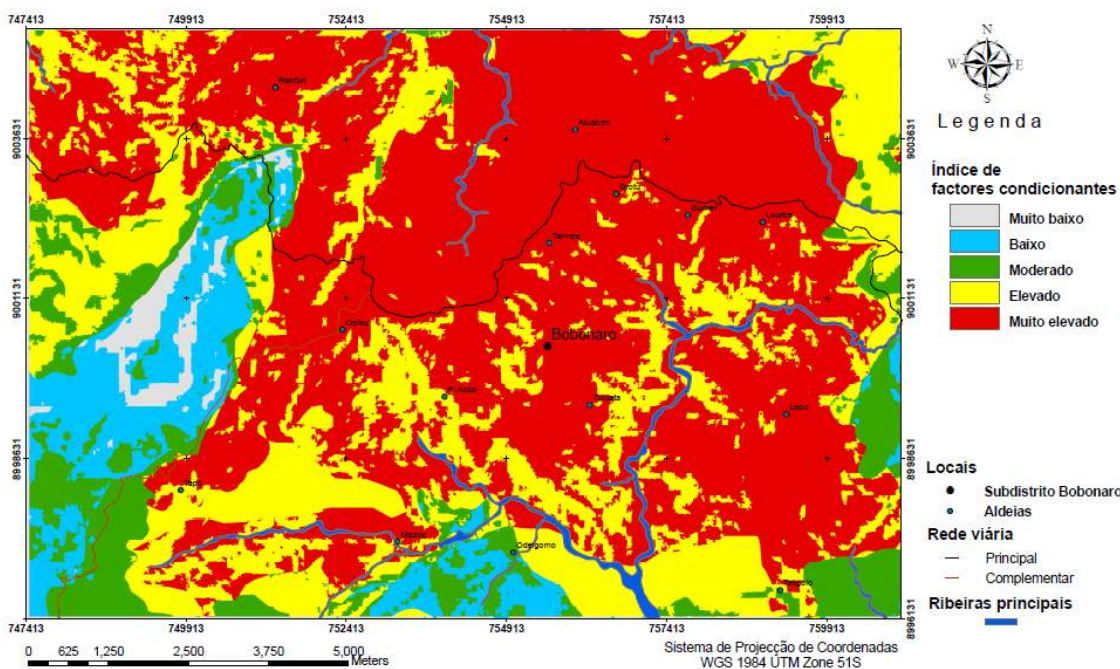
Os resultados das sobreposições ponderadas dos factores são representados em mapas: (i) mapa de Factores Ambientais, Anexo n.º VIII; (ii) mapa de Susceptibilidade, Anexo n.º IX; (iii) mapa de Vulnerabilidade, Anexo n.º X; e (iv) mapa de Risco, Anexo n.º XI. Estes mapas foram reclassificados em 5 classes ordinais, tendo sido atribuídas cores específicas em conformidade com o nível de contribuição, susceptibilidade, vulnerabilidade e de risco face à ocorrência de movimentos de vertente. As 5 classes são: 1 (Muito baixo; de cor cinzenta); 2 (Baixo, de cor azul clarinho); 3 (Moderado, de cor verde); 4 (Alto, de cor amarela) e 5 (Muito alto, de cor vermelha).

## 5. Mapas de susceptibilidade e de risco

### 5.1. Mapa de factores ambientais condicionantes à ocorrência de movimentos de vertente

O mapa de factores ambientais (Figura 51) foi criado através da sobreposição ponderada dos mapas, com diferentes pesos de contribuição a ocorrência de movimentos de vertente. O mapa de declive contribui 44.8%, a litologia contribui 27.8%, a vegetação contribui 14.7%, a densidade de drenagem contribui 8.3% e o tipo de solo contribui 4.7%. Nesta tentativa verifica-se que os factores de declive e da litologia têm maior contribuição na análise geomorfológica. Ao analisar o mapa de factores ambientais, com o objectivo de identificar as áreas, segundo os níveis de contribuição para a ocorrência de movimentos de vertente confirma-se:

- As áreas com nível de contribuição “elevado” e “muito elevado” coincidem praticamente com as áreas onde afloram as formações de Wailuli e Bobonaro Scaly Clay e parcialmente a Formação de Aitutu.
- As áreas com nível de contribuição “elevado” e “muito elevado” coincidem praticamente com as áreas cujo declive é inferior a 25° onde afloram as formações de Wailuli e Bobonaro Scaly Clay.
- As áreas com nível de contribuição “elevado” e “muito elevado” coincidem também com a área onde afloram os solos de tipo vertissolos.
- As áreas com nível de contribuição “muito elevado” coincidem praticamente com a Formação de Bobonaro Scaly Clay, cujo material é constituído essencialmente por argilas mal consolidadas e com um declive predominante inferior a 12°.



**Figura 51** – Mapa de factores ambientais condicionantes à ocorrência de movimentos de vertente da área de estudo, região de Bobonaro.

A instabilidade da vertente é determinada pela estrutura da formação e dos materiais que a compõem. Os tipos de rochas considerados, que mais facilmente sofrem alterações estruturais e estão sujeitos aos fenómenos de movimentos de vertente são as argilas ou argilitos. Quanto à formação, quando é constituída por camadas alternadas e mal consolidadas, com características mecânicas diferentes, está sujeita a movimentos de vertentes generalizados e vastos (Panizza, 1996). No que se refere ao limite do ângulo de estabilidade de vertente para o material argiloso, Selby (1982), Crozier (1986) estabeleceram um limite máximo de 12°.

Leme (1968), Garcia & Cardoso (1978) consideraram que as regiões onde aflora a Bobonaro Scaly Clay são mais susceptíveis às ocorrências de erosão e de movimentos de vertentes, apontando a região de Bobonaro como sendo uma região mais crítica.

Soares (2007) através da análise estatística multivariada verificou que, a maioria das ocorrências dos movimentos de vertente localizam nas áreas onde há escassez de vegetação e nas áreas de pastagem e muito pouco nas florestas densas. Também ocorrem em relevos com declividade entre os 12°-36° e à medida que vai aumentando o declive diminui o número de ocorrências de movimentos de vertente.

Nogueira & Rodrigues (2010), através dos métodos de detecção remota e análise em SIG observaram que, na sua generalidade, a quantidade de ocorrências de

movimentos de vertente em Timor-Leste verifica-se essencialmente nas áreas onde aflora a Formação de Bobonaro Scaly Clay, em relevos com declividade inferior a 10° onde existem também os vertissolos.

## 5.2. Mapa de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente

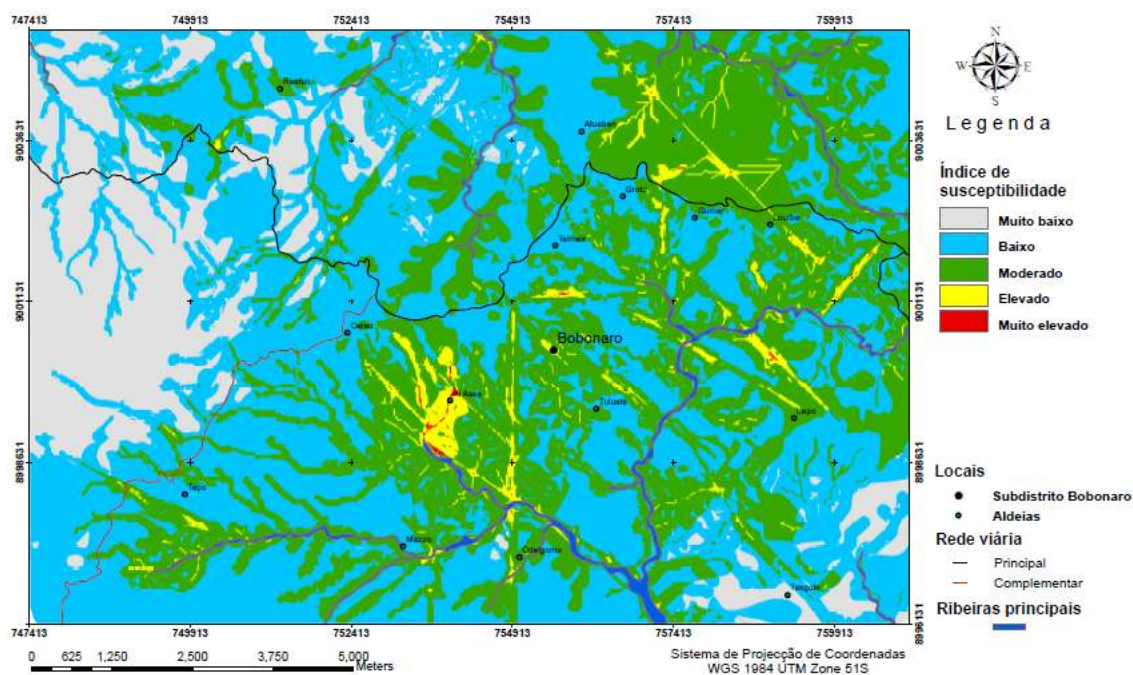
O mapa de susceptibilidade (Figura 52) foi criado através da sobreposição ponderada dos factores contribuintes à ocorrência de movimentos de vertente. O factor de precipitação contribui 42%, os factores ambientais contribuem 17%, a distância a linhas de água contribui 15.3%, a distância aos lineamentos estruturais contribui 15.7%, o uso do solo contribui 6.5% e o inventário contribui 3.6%.

Consoante esta ponderação, verifica-se que o factor de precipitação tem uma maior contribuição de 42%, e seguem-se os factores ambientais, distância a linhas de água, distância a lineamentos estruturais, uso do solo e o inventário com uma contribuição total de 58%. As informações obtidas junto às populações locais indicam que os movimentos de vertente ocorrem nos períodos de chuvas intensas e de curta duração ou de chuvas fracas mas de longa duração. A maioria dos movimentos de vertente ocorre durante os períodos de tempestades (Crozier et al., 1980; Glade, 1970; Crozier & Glade 1999; Zêzere et al., 1999). Barnett (2003) referiu-se a Timor-Leste, como um exemplo extremo de deficiências de capacidade de adaptação às alterações climáticas. O clima é um dos factores influentes na frequência e magnitude dos movimentos de vertentes.

Analisando o mapa de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente confirma-se que:

- As áreas de nível de susceptibilidade “elevado” e “muito elevado” distribuem-se espacialmente nas áreas onde aflora a Formação de Bobonaro Scaly Clay.
- As áreas de nível de susceptibilidade “elevado” e “muito elevado” associam-se aparentemente aos lineamentos estruturais e às áreas de ocorrências de movimentos de vertentes recentes.
- As áreas de nível de susceptibilidade “moderado” associam-se na sua maioria, com as linhas de água e com uma densidade de direcção predominante NE-SW e também aos lineamentos estruturais.

- As áreas de nível de susceptibilidade “baixa” ocupam quase toda a área de estudo, excepto uma parte onde aflora a Formação de Maubisse com material essencialmente calcário, com vertentes muito acentuadas e coberta de floresta densa.



**Figura 52** – Mapa de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente na área de estudo, região de Bobonaro

### 5.3. Mapa de risco à ocorrência de movimentos de vertentes

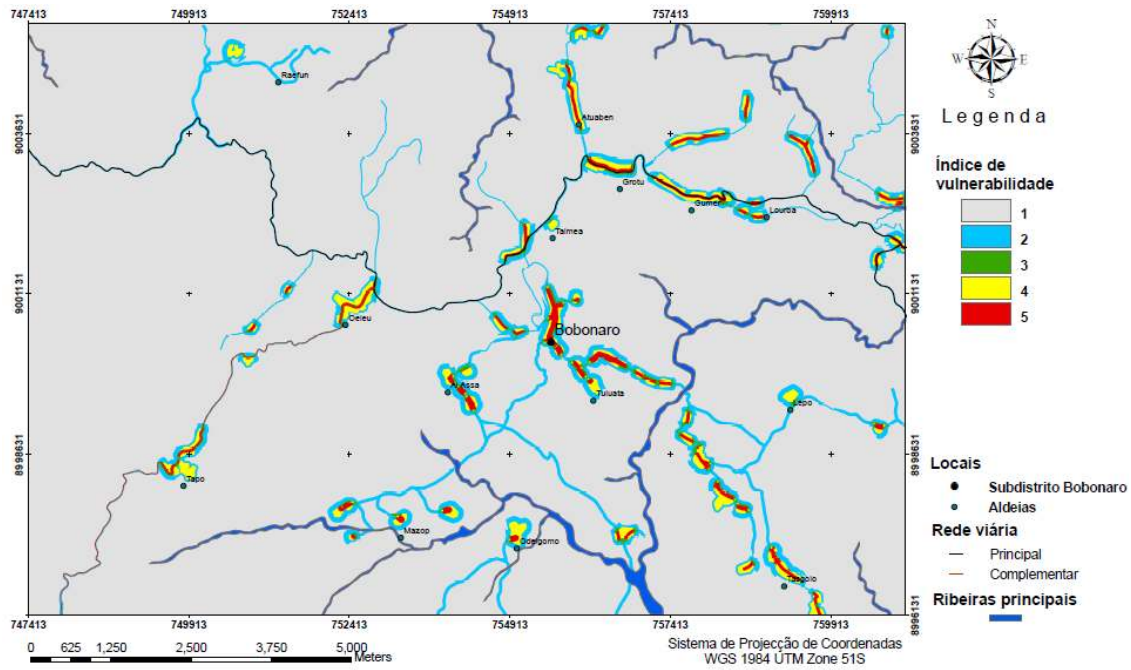
O mapa de risco à ocorrência de movimentos de vertente (Figura 54) foi criado através da sobreposição de dois mapas, nomeadamente, o mapa de susceptibilidade (Figura 52) e o mapa de vulnerabilidade (Figura 53), com igual peso de ponderação para cada um dos mapas.

No que se refere aos elementos vulneráveis à ocorrência de movimentos de vertente, considerou-se a zona urbana como elemento de risco mais elevado, cujo peso de vulnerabilidade foi de 63.3%, relativamente ao peso atribuído à rede viária e às áreas de produção e de protecção, num total de 36.7%. O maior valor dado à zona urbana, tendo em consideração uma zona onde há maior concentração de populações, onde as populações exercem as suas actividades sociais culturais e económicas, politico administrativas, lugar onde estão radicados os seus bens imóveis e o seu património cultural, lugar onde esperam viver, essencialmente com mais segurança. A rede viária

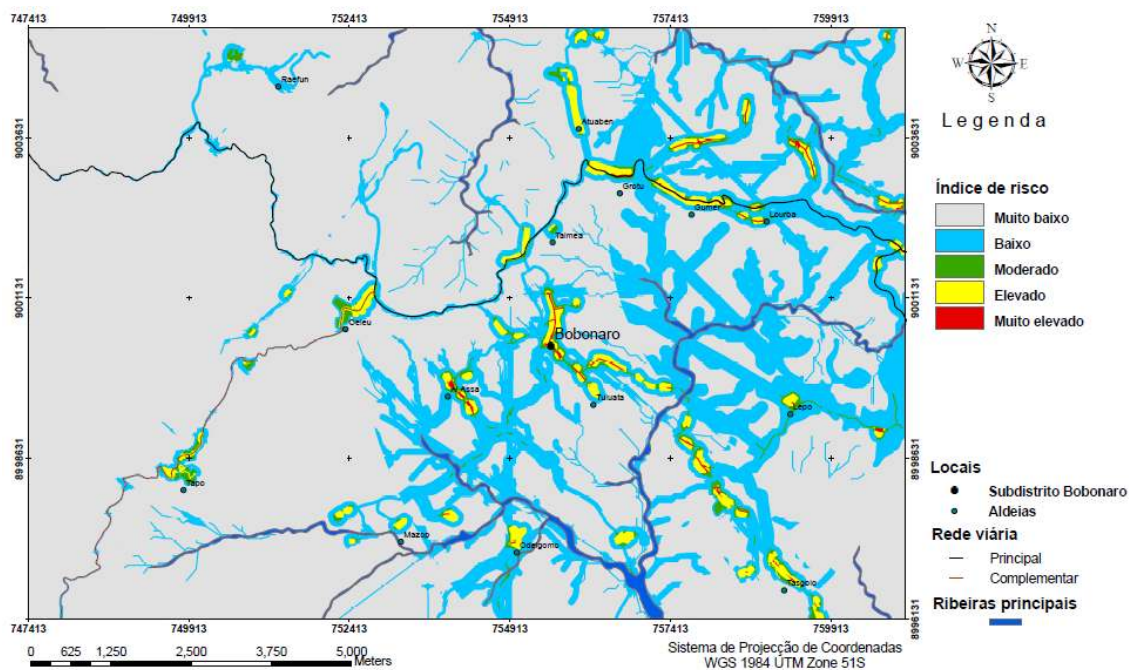
dado a sua condição actual em termos do desenho geométrico e, inexistência de acessórios das vias e o material de pavimentação de baixa qualidade, foi considerada de pouca importância, podendo no futuro ser reconsiderada.

Analisando a distribuição espacial do risco à ocorrência de movimentos de vertente da área de estudo verificou-se:

- As áreas de nível de risco “elevado” e “muito elevado” encontram-se praticamente nas áreas urbanas e nas áreas circunscritas.
- As áreas de nível de risco “moderado” encontram-se próximas às áreas urbanas e à rede viária.
- As áreas de nível de risco “baixo” encontram-se num perímetro de 100 metros próximas às áreas urbanas, ao longo das redes viárias, junto às linhas de água e algumas coincidem com os lineamentos estruturais.



**Figura 53** – Mapa de vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de vertente na área de estudo, região de Bobonaro



**Figura 54** – Mapa de risco à ocorrência de deslizamento de vertente na área de estudo, região de Bobonaro

## CAPÍTULO V

### PROPOSTA DE GESTÃO DO TERRITÓRIO

---

#### 1. Histórico de gestão do território

##### 1.1. Histórico – Timor-Leste

Timor-Leste, no seu percurso histórico, não registou a elaboração de um plano de ordenamento do território. Os centros de urbanização surgem de uma forma tradicional, ou seja, espontânea e sem nenhum plano de aproveitamento dos recursos naturais e de protecção do ambiente.

Em 2006, o GERTiL (Grupo de Estudos e Reconstrução de Timor-Leste) sob a coordenação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Clara Mendes, da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa (FAUTL), elaborou dois planos de urbanização para as cidades de Dili e de Baucau, sob a égide do protocolo estabelecido entre o Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento (IPAD) e o Governo da República Democrática de Timor-Leste. Este trabalho foi considerado como uma experiência inovadora no território da República Democrática de Timor-Leste (RDTL) tendo sido a primeira vez se traduziu espacialmente, um instrumento de gestão territorial, com a integração de tecnologias de sistemas de informação geográfica.

O trabalho do GERTiL, após a realização de várias reuniões de apresentação e discussão do Pré-Modelo e os respectivos cenários com a participação de uma centena de entidades, foi posteriormente apresentado no Conselho de Ministros do Governo da República.

Como resultado das apresentações feitas, o Cenário 1 foi o mais apreciado. Esta opção assumia entre outras, a transferência das funções internacionais do aeroporto de Dili para Baucau e da construção de um novo Porto Comercial em Liquiça. O Porto de Dili passaria a ter funções turísticas e de apoio à pesca artesanal. Ficou bem definido o cenário de protecção ambiental que inviabiliza a ocupação das encostas, margens de ribeiras, zonas pantanosas ou inundáveis e assumiram-se princípios de protecção do litoral e da paisagem com valor paisagístico e ambiental.

Infelizmente, os dois Planos de Urbanização continuam pendentes até os dias de hoje, prolongando assim a inexistência de instrumentos legais de gestão do território em Timor-Leste.

## 1.2. Histórico - Portugal

Em Portugal, o Programa Nacional de Política Ordenamento do Território (PNPOT) foi aprovado através da Lei n.º 58/2007. O PNPOT tem o seu efeito na elaboração de novos planos sectoriais e planos regionais de ordenamento do território, bem como o quadro estratégico a concretizar pelos novos planos municipais e instrumentos de ordenamento do território. Queirós (2009) referiu-se ao PNPOT como o primeiro instrumento de gestão territorial que expressamente considerou os riscos e as vulnerabilidades territoriais na definição do modelo territorial.

Como consequência da implementação do PNPOT, os planos municipais passaram a incorporar obrigatoriamente a Cartografia Municipal de Risco e SIG. Esta cartografia orientará as decisões de gestão de grande susceptibilidade aos perigos relevantes. A identificação, a caracterização e a avaliação metódica dos riscos naturais, tecnológicos e mistos que condicionam a segurança das comunidades são passos fundamentais no desenvolvimento adequado dos procedimentos de planeamento de emergência e de ordenamento do território (Zêzere et al., 2008). Para efeito prático foi elaborado um Guia Metodológico para a produção de Cartografia Municipal de Risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal como resultado de um trabalho conjunto desenvolvido pela Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), pela Direcção-Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU) e pelo Instituto Geográfico Português (IGP), coadjuvados por uma equipa de consultores especializados do meio académico (Julião et al., 2009; Queirós, 2009).

## 2. Medidas de gestão do território no presente trabalho

Dada a inexistência de instrumentos legais de gestão do território e do Ambiente em Timor-Leste e por razões de semelhanças no que se refere em termos legais e histórico - culturais, o presente trabalho, optou como referência o modelo português da política de gestão do território.

Entretanto, o Governo da República Democrática de Timor-Leste aprovou a Lei n.º 11/2009 de 7 de Outubro de 2009 para a criação de municípios cuja implementação se encontra em processo. A área de estudo enquadra-se geograficamente no território da futura Câmara Municipal de Bobonaro que corresponde a uma área de 216.408 Km<sup>2</sup> e uma população de 22,756 habitantes. Neste estatuto administrativo de Câmara

Municipal e pela sua natureza legal é obrigatório a elaboração de um Plano Director Municipal (PDM), com referência ao modelo do Plano Director português, segundo rege no Decreto de Lei n.º 380/99 de 22 de Setembro da 1ª Série (Oliveira et al., 2003).

Dentro da perspectiva do Plano Director Municipal, pretende-se apresentar o presente trabalho às autoridades locais e às populações da região de Bobonaro, como um modelo de avaliação dos riscos e das vulnerabilidades territoriais, face às ocorrências de movimentos de vertente e, em geral, face à perigosidade natural na definição do modelo territorial, assente na política de prevenção de riscos naturais que vise permitir um desenvolvimento sustentável do território, maximizando a segurança da população e dos bens.

Os mapas de Susceptibilidade (Anexo N.º IX), Vulnerabilidade (Anexo N.º X) e de Risco (Anexo N.º XI) poderão servir como um modelo de Cartografia de Risco, contendo uma base de conhecimento, de informações e de identificação das áreas de susceptibilidade, vulnerabilidade e de risco, face à ocorrência de movimentos de vertente, que poderão ser permanentemente actualizados, (organizado em sistemas informáticos), de modo a servir de apoio na definição de uma política coerente e eficaz de prevenção e gestão de riscos, no âmbito do ordenamento e planeamento do território. Esta informação deverá ser acessível e partilhada pelas populações, pelas entidades políticas governamentais e diversas entidades com responsabilidade de intervenção sobre o território, no sentido de promover a cultura de prevenção de riscos naturais.

Recorrendo ao resultado da análise dos factores geomorfológicos e ambientais que contribuem para o processo da ocorrência de movimentos de vertente, representados graficamente em mapas de susceptibilidade e de risco, assente na filosofia de mitigação e prevenção de riscos face à ocorrência de movimentos de vertente, propõem-se as seguintes medidas:

- 1) Definir toda a área de susceptibilidade e de risco de nível “moderado” a nível “muito elevado”, como sendo áreas críticas para a expansão urbana;
- 2) Definir toda a área de susceptibilidade e de risco de nível “baixo” a nível “moderado”, como sendo áreas de protecção, condicionada a todas as actividades humanas que contribuem para a destabilização de vertentes;
- 3) Definir toda a área urbana, como área condicionada á construção de habitações em alvenaria, tendo em conta a durabilidade das construções

devido à instabilidade dos solos, pelo que é considerado um investimento desnecessário para as populações com rendimento muito baixo;

- 4) Promover a utilização de material de construção local e de métodos tradicionais de construção ou de novas tecnologias de construção apropriadas, de baixo custo para a habitação, que permita o ajustamento às deformações do relevo sem causar danos significativos;
- 5) Identificação e referenciação espacial de novas áreas para a expansão urbana, fora das áreas de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente;
- 6) Definir uma distância de 100 metros da linha de água, como zonas de protecção e recuperação da floresta;
- 7) Definir uma distância de 100 metros da rede viária principal, como área condicionada à actividade agrícola e à actividade de extracção;
- 8) Definir tecnologias apropriadas de engenharia ambiental, para a estabilização das vertentes ao longo das redes viárias;
- 9) Definir tecnologias apropriadas para a construção de sistemas de drenagem ao longo das redes viárias sem alteração do sistema de escoamento natural;
- 10) Promover os métodos apropriados de actividades agrícolas e reduzir faseadamente as práticas da agricultura itinerante nas vertentes, para prevenir e minimizar a erosão de solos e movimentos de vertentes;
- 11) Criação de uma base de dados espacial das ocorrências de movimentos de vertentes e os impactes associados.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSÃO

---

Com os dados disponíveis foi possível criar mapas de susceptibilidade e de risco à ocorrência de movimentos de vertente na região de Bobonaro, Timor-Leste, recorrendo a utilização do método de análise espacial multi-critério (SMCE) em Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Com base nos mapas criados foram caracterizados os factores condicionantes geomorfológicos e ambientais georreferenciados, responsáveis pela dinâmica das vertentes, o que facilitou na análise e na compreensão da paisagem da área de estudo, possibilitando assim, a inventarização e a caracterização das áreas propensas aos movimentos de vertentes, com base nos índices de susceptibilidade e de risco.

As grandes extensões de paisagens de movimentos de vertente localizam-se essencialmente nas zonas onde afloram as formações de Wailuli e de Bobonaro Scaly Clay. Estas zonas revelaram ser as de susceptibilidade “muito elevada” aos movimentos de vertente, porque expõem essencialmente xistos argilosos e argilas com esmectite e com declives superiores a 12°. A maioria dos movimentos de vertente registados ocorre nos períodos de tempestade, caracterizados por chuvas intensas e ventos fortes. Sendo assim, a precipitação é considerada como um factor desencadeante principal, no processo de desestabilização e movimentação das vertentes. As áreas de nível de susceptibilidade “moderado” e “baixo” localizam-se na sua maioria, ao longo das linhas de água e associam-se também aos lineamentos estruturais. A localização das áreas urbanas nas zonas de susceptibilidade “elevada” constitui zonas de perigosidade de “elevada” a “muito elevada”.

O presente modelo apresentado permitirá futuras actualizações, introduzindo novas informações que possibilitam avaliar outros parâmetros ambientais importantes, que actuem directa ou indirectamente no processo das ocorrências de movimentos de vertente. A introdução de novos dados ou informações permitirá também, a utilização de métodos mais sofisticados, como os métodos estatísticos e determinísticos, na avaliação quantitativa de susceptibilidade e de risco a ocorrências de movimentos de vertente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- AGS (2000) - Landslide risk management concepts and guidelines, Australian Geomechanics Society (AGS), Sub-committee on landslide risk management.
- Audley-Charles, M.G. (1961) - Report to Timor Oil Ltd: The geology of western Portuguese Timor. pp. 1-40, 14 maps. Unpublished.
- Audley-Charles, M.G. (1965) - A Miocene gravity slide deposit from Eastern Timor. Geological Magazine 102, 3, pp. 267-279.
- Audley-Charles, M.G. (1968) - The Geology of Portuguese Timor. Memoirs of the Geological Society of London, 4, 76.
- Audley-Charles, M.G. (1986) - Rates of Neogene and Quaternary tectonic movements in the southern Banda Arc based on micropaleontology. J. Geol. Soc. London, 143, pp. 161-175.
- Audley-Charles, M.G.; Carter, D. J. (1972) - Palaeogeographical significance of some aspects of Palaeogene and early Neogene stratigraphy and tectonics of the Timor Sea region. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 11, pp. 247-264.
- Audley-Charles, M.G.; Harris, R.A. (1990) - Allochthonous terranes of the Southwest Pacific and Indonesia. Phil. Trans. R. Soc. London. A331, pp. 571-578.
- BAKOSURTANAL, (1993) - Peta Rupabumi Indonesia 1: 25.000, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional, Edisi I, Lembar 2406-543 dan 2407-221.
- Barber, A.J. (1979) - Structural interpretation of the island of Timor. Proc. S. E. Asia Petrol. Expl. Soc. 4, pp. 9-12.
- Barber, A.J.; Audley Charles, M.G. (1976) - The significance of the metamorphic rocks of Timor in the development of the Banda Arc, eastern Indonesia. Tectonophysics 30, pp. 119-128.
- Barber, A.J.; Audley-Charles, M.G.; Carter, D.J. (1977) - Thrust tectonics in Timor. Journal of the Geological Society of Australia 24, pp. 51-62.
- Barber, A.J.; Tjokrosapoetro, S.; Charlton, T.J. (1986) - Mud volcanoes, shale diapirs, wrench faults and melanges in accretionary complexes, Eastern Indonesia.

- Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists 70, 11, pp. 1729-1741.
- Barnett, J.; Dessai, S.; Jones, R.N. (2007) – Vulnerability to Climate Variability and Change in East Timor. *AMBIO: A Journal of Human Environment*, pp. 372-378.
- Barredo, J.I.; Benavides, A.; Hervás, J.; van Westen, C.J. (2000) - Comparing heuristic landslide hazard assessment techniques using GIS in the Tirajana basin, Gran Canaria Island, Spain. *JAG Vol. 2*, pp. 9-23.
- Bateira, C. V. M. (2001) – Movimentos de vertente no NW de Portugal susceptibilidade geomorfológica e Sistemas de informação geográfica. Dissertação de doutoramento em Geografia Física apresentada na Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 490p.
- Berry, R.F.; Grady, A.E. (1981) - Deformation and metamorphism of the Aileu Formation, north coast, East Timor and its tectonic significance. *Journal of Structural Geology* 3, 2, pp. 143-167.
- Berry, R.F.; McDougall, I. (1986) - Interpretation of  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and K/Ar dating evidence from the Aileu Formation, East Timor, Indonesia. *Chemical Geology (Isotope Geosciences Section)* 59, pp. 43-58.
- Bird, P.R.; Kusnama & Umar, I. (1989) - Sedimentation and deformation of the Permo-Triassic of Kekeno, West Timor: from intracratonic basin to accretionary complex. In: *Proceedings of the Sixth Regional Conference on the Geology, Mineral and Hydrocarbon Resources of Southeast Asia* (edit by Situmorang, B). Indonesia Association of Geologists, pp. 3-23.
- Bouma, G.A.; Kobryn, H.T. (2004) - Change in vegetation cover in East Timor, 1989-1999. *Natural Resources Forum*, 28, Wiley, pp. 1-12.
- Bowin, C.; Purdy, G.M.; Johnston, C.; Shor, G.; Lawver, L.; Hartono, H.M.S.; Jezek, P. (1980) - Arc-continent collision in Banda Sea region. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 64, pp. 868–915.
- Brabb, E.E. (1984) - Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. In: *Proceedings of the IVth ISL, Toronto*, vol. 1, pp. 307–324.
- Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M.V. (2005) - Introdução a Ciência da Geoinformação. [URL9].
- Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., (1995) - GIS technology in mapping landslide hazard. In: Carrara, A., Guzzetti, F. (Eds.), *Geographical*

- Information Systems in Assessing Natural Hazards. Kluwer Academic Publishers, pp. 135–175.
- Carson, M.A.; Kirkby, M.J. (1972) - Hillslope Form and Process. Cambridge University Press. 475p.
- Carter, D.J.; Audley-Charles, M.G.; Barber, A.J. (1976) - Stratigraphical analysis of an island arc-continental margin collision zone in eastern Indonesia. J. Geol. Soc. London. 132, pp. 179-198.
- Cascini, L. (2008) - Applicability of landslide susceptibility and hazard zoning at different scales. Engineering Geology 102, pp. 164–177.
- Castellanos Abella, E.A. (2008) - Multi-scale landslide risk assessment in Cuba, Utrecht, Utrecht University. ITC Dissertation number 154, 273p.
- Chacón, J.; Irigaray, C.; Fernandez, T.; El Handouni, R. (2006) - Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. Bull. Eng. Geol. Environ. 65:pp. 341-411.
- Chamalaun, F.H.; Grady, A.E. (1978) - The tectonic development of Timor: a new model and its implication for petroleum geology. J. Aust. Petrol. Explor. Ass.18, pp. 102-108.
- Chamalaun, F.H.; Lockwood, K.; White, A. (1976) - The Bouguer gravity field and crustal structure of eastern Timor. Tectonophysics, 30, pp. 241–259.
- Charlton, T.R. (2000) - Tertiary evolution of the eastern Indonesia collision complex. Journal of Asian Earth Sciences 18, pp. 603-631.
- Charlton, T.R. (2001) - Permo-Triassic evolution of Gondwanan eastern Indonesia, and the final Mesozoic separation of SE Asia from Australia. Journal of Asian Earth Sciences 19, pp. 595-617.
- Charlton, T.R. (2002) - The structural setting and tectonic significance of the Lolotoi, Laclubar and Aileu metamorphic massifs, East Timor. Journal of Asian Earth Sciences 20, pp. 851-865.
- Charlton, T.R.; Barber, A.J.; Barkham, S.T. (1991) - The structural evolution of the Timor collision complex, eastern Indonesia. Journal of Structural Geology 13, pp. 489-500.
- Charlton, T.R.; Barber, A.J.; Harris, R.A.; Barkham, S.T.; Bird, P.R.; Archbold, N.W.; Morris, N.J.; Nicoll, R.S.; Owen, H.G.; Owens, R.M.; Sorauf, J.E.; Taylor, P.D.; Webster, G.D.; Whittaker, J.E. (2002) - The Permian of Timor: stratigraphy,

- palaeontology and palaeogeography. *Journal of Asian Earth Sciences* 20, pp. 719-774.
- Cinatty, R.G. (1950) – Reconhecimento Preliminar das Formações Florestais no Timor Português. Junta das Investigações Coloniais. Lisboa.
- Cooke, R.U. and Doorkamp, J.C. (1990) – *Geomorphology in Environmental Management*, 2nd edition, Oxford, Oxford University Press.
- Cotecchia, V. (1978) - Systematic reconnaissance, mapping and registration of slope movements. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.* 17: pp. 5–37.
- Crostella, A.A.; Powell, D.E. (1976) - Geology and hydrocarbon prospects of the Timor area. *Proc. Indon. Petrol. Ass.* 4, pp. 149-171.
- Crozier, M. J. (1986) – *Landslides: causes, consequences and environment*. Great Britain. Biddles Ltd., Guildford and Ling's Lynn (Pub.) 252p.
- Crozier, M.J.; Eyles, R.J.; Marx, S.L.; Mcconchie, J.A.; Owen, R.C. (1980) - Distribution of landslips in the Wairarapa hill country. *N.Z. Journ. Geol. Geophys.* 23, pp. 575-586.
- Crozier, M.J.; Glade, T. (1999) – Frequency and magnitude of landsliding: fundamental research issues. *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd.* 115, pp 141-155.
- Cruden, D.M. (1991) - A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, Paris, pp.27-29.
- Decreto Lei N.º 380/99 de 22 de Setembro. Estabelece as bases da política de ordenamento do território e de urbanismo. *Diário da República, I Série-A, N.º 222*.
- Dias, J.M.A. (2006) – *Geologia Ambiental*. Universidade do Algarve.[URL1].
- Dikau, R.; Brunsden, D.; Schrott, L.; M.L. Ibsen (Eds.). (1996) - *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. Wiley & Sons, Chichester.
- Diploma Ministerial N.º 199/GM/MAEOT/IX/09 de 15 de Setembro de 2009 - Que fixa o número de Sucos e Aldeias em Território Nacional. *Exposição de motivos*. 3588. *Jornal da República, Série I, N.º 33*.
- Earle, M.M. (1981) – A study of Boi and Molo, two metamorphic massifs in Timor, eastern Indonesia. Unpublished Ph.D. thesis, London University.
- EM-DAT Emergency Events Database (2009). OFDA/CRED – The Office of US Foreign Disaster Assistance/Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – Université Catholique de Louvain, Brussels, Belgium.

- Erskine, C.F. (1973) - Landslides in the vicinity of the Fort Randall Reservoir South Dakota. Geological Survey Professional Paper, 675, Washington.
- Faculdade de Arquitectura (Universidade Técnica de Lisboa); GERTiL (Grupo de Estudos de Reconstrução de Timor Leste) (2002) - Atlas de Timor Leste. LIDEL, Lisboa.
- Faculdade de Arquitectura (Universidade Técnica de Lisboa); GERTiL (Grupo de Estudos de Reconstrução de Timor Leste) (2006) - Proposta de Planos de Urbanização da Cidade de Dili e de Baucau. Ministério das Infra-estruturas de Timor-Leste.
- FAO (1968) - World Soil Resources Report, N.º 38.
- Fell, R. (1992) - Some landslide risk zoning schemes in use in Eastern Australia and their application. In: Proceedings of the Vith Australian–New Zealand conference on geomechanics society, Christchurch, NZ, pp. 505–512.
- Fell, R. (1994) - Landslide risk assessment and acceptable risk. Can. Geotech. J 31, pp. 261–272.
- Fitch, T.J.; Hamilton, W. (1974) - Reply to a discussion by M.G. Audley-Charles & J. Milsom. Journal of Geophysical Research, 79, pp. 4982-4985.
- Flageollet J.C. (1994) - Introduction & Final remarks. Temporal occurrence and forecasting of landslides in the European Community (EPOCH Programme) - Final Report. / ed. by. Casale, Fantechi and Flageollet. European Commission, Bruxelles, pp. 1-5 & 935-940.
- Gageonnet, R.; Lemoine, M. (1957) - Note préliminaire sur la géologie du Timor Portugais. Garcia de Orta 5, 1, pp. 153-163.
- Gageonnet, R.; Lemoine, M. (1958) - Contribution à la connaissance de la géologie de la province portugaise de Timor. Junta de Investigações do Ultramar. Estudos, Ensaios e Documentos 48, 138p.
- Garcia, J.; Cardoso, J. (1978) - Os solos de Timor. Memórias da Junta de Investigações Científicas do Ultramar. Memórias. N.º 64, II série, 743p.
- Garcia, R.; Zêzere, J.L. (2003) - Avaliação de Riscos Geomorfológicos: Conceitos, Terminologia e Métodos de Análise. III Seminário Recursos Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, Livro de Actas, Vila Real, pp. 299-308.
- Garcia, R.A.C.; Zêzere, J.L.; Cruz de Oliveira, S. (2007) - A importância do processo de classificação de dados na cartografia: um exemplo na cartografia de

- susceptibilidade a movimentos de vertente. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Volume V, APGeom, Lisboa, pp. 265-279.
- Gaspar, J.; Fernandez Rodriguez, J.; Queirós, M.; Henriques, E.B.; Palma, P.; Vaz, T. (2008) - Determinação das Vulnerabilidades Humanas em Situação de Risco Sísmico e Tsunamis. O caso do Algarve. *Inforgo*, 22/23, Riscos e Ambiente, Associação Portuguesa de Geógrafos, p.51-56.
- Glade, T. (1997) – The temporal and spatial occurrence of rainstorm-triggered landslide events in New Zeland. PhD Thesis, Department of Geography, Victoria University of Wellington, 380p.
- Glade, T.; Anderson, M.; Crozier, M. J. (2005) - *Landslide Hazard and Risk*. John Wiley & Sons Inc. P.802.
- Gonçalves, M.M. (1966) – O Problema da Erosão em Timor. Missão de Estudos Agronómicos do Ultramar, Lisboa, N.º 236, 18p.
- Grady, A.E. (1975) - A reinvestigation of thrusting in Portuguese Timor. *Journal of the Geological Society of Australia*, 22, pp. 223-228.
- Grady, A.E.; Berry R.F. (1977) – Some Paleozoic-Mesozoic stratigraphic-structural relationships in East Timor and their significance to the tectonics of Timor. *J. geol. Soc. Aust.* 24, pp. 203-214.
- Grunau, H.R. (1953) - *Geologie von Portugiesisch Ost-Timor: eine kurze übersicht*. *Eclogae Geologicae Helveticae* 46, pp. 29-37.
- Grunau, H.R. (1957) - *Geologia da parte oriental do Timor Português, Nota abreviada*, *Garcia de Orta*, 5, 4, pp. 727-737.
- Guzzetti, F.; Carrara, A.; Cardinali, M.; Reichenbach, P. (1999) - Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31, pp. 181–216.
- Haile, N.S.; Barber, A.J.; Carter, D.J. (1979) – Mesozoic cherts on crystalline schists in Sulawesi and Timor. *J. Geol. Soc. London*. 136, pp. 65-70.
- Hamilton, W. (1979) - *Tectonics of the Indonesian region*. United States Geological Survey Professional Paper, 1078, pp. 1–345.
- Hansen A. (1984) - Landslide hazard analysis. In: Brunsden D, Prior DB (eds.) *Slope instability*. Wiley, Chichester, pp. 523–602.
- Harris, R.; Long, T. (2000). The Timor ophiolite, Indonesia: Model or myth? In: Dilek, Y., Moores, E.,M., Elthon, D., Nicolas, A. (Eds.). *Ophiolites and Oceanic Crust:*

- New Insights from Field Studies and the Ocean Drilling Program: Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper 349, pp. 321-330.
- Harris, R.A. (1989) - Processes of allochthon emplacement with special reference to the Brooks Range Ophiolite, Alaska, and Timor Indonesia. Unpublished Ph.D. thesis, London University.
- Harris, R.A. (1991) - Temporal distribution of strain in the active Banda orogen: a reconciliation of rival hypotheses, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Special Issue: Orogenesis in action - Tectonics and processes at the West Equatorial Pacific margin, 6, 3-4, pp. 373-386.
- Harris, R.A.; Sawyer, R.K.; Audley-Charles, M.G. (1998) - Collisional mélangé development: Geologic associations of active mélangé-forming processes with exhumed mélangé facies in the western Banda orogen, Indonesia. *Tectonics*, 17, pp. 458-480.
- Hartlen, J.; Viberg, L. (1988) - General report: evaluation of landslide hazard. In: *Proceedings of the Vth ISL, Lausanne*, vol. 2, pp. 1037-1057.
- Hirschi, H. (1907) - Zur Geologie und Geographie von Portugiesisch Timor. *Neus Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 24, pp. 460-473.
- Hunter, D.C. (1993) - A stratigraphic and structural study of the Maubisse area, East Timor. Unpublished Master's Thesis, West Virginia University, 107p.
- Hutchinson, J. N. (1988) - General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. *Proceedings, Fifth International Symposium on Landslides* (Ed: Bonnard, C.), 1, 3-35. Rotterdam: Balkema.
- Julião, R.P.; Nery, F.; Ribeiro, J.L.; Castelo Branco, M.; Zêzere, J.L. (2009) – Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal. Autoridade Nacional de Protecção Civil, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, Instituto Geográfico Português, 91p.
- Kenyon, C.S. (1974) - Stratigraphy and Sedimentology of the Late Miocene to Quaternary Deposits of Timor. Ph.D. Thesis, University of London.
- Lei N.º 11/ 2009 de 7 de Outubro - Divisão Administrativa do Território, 3656. *Jornal da República*, Série I, N.º 35.

- Lei N.º 58/2007 de 4 de Setembro. - Aprova o Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT). Diário da República, 1.º Série, N.º 170.
- Leme, J.C.A. (1963) - The eastern end geology of Portuguese Timor (a preliminary report). Garcia de Orta (Lisboa) 11, 2, pp. 379-388.
- Leme, J.C.A. (1968) – Breve ensaio sobre a geologia da província de Timor. Junta de Investigação do Ultramar. Curso de Geologia do Ultramar I, pp. 105-161.
- Leme, J.C.A., Coelho, A.V.P. (1962) - Geologia do enclave de Oecússi (Província de Timor). Estud. Agron. (Lisbon), 3, 3, pp. 119-132.
- Lencastre, A.; Franco, F.M. (2006) – Lições de hidrologia. Fundação de FCT, Universidade de Lisboa, 3.ª Ed., 451p.
- Lisboa, J.V.; Carvalho, J.; Oliveira, A.; Carvalho, C.; Grade, J. (2003) – Contribuição para o conhecimento das argilas da “Bobonaro Scaly Clay” e suas potencialidades na região de Venilale (Timor-Leste). Ciências da Terra (UNL), Lisboa, n.º esp.V, CD-ROM, pp. F60-F63.
- Matos, J.; Baio, M.; Ribeiro, S.; Gomes, C.; Trocado, P. (2003) – Criação e exploração de uma infra-estrutura de informação geográfica em Timor-Leste. Finisterra, XXXVIII 75, pp. 149 – 162.
- Matos, J.; Loureiro, J.L.; Baio, M.; Gomes, C.; Sousa, R. (2001) – Informação Geográfica no Apoio ao Planeamento em Timor-Leste. IGP/ESIG2001 45, 9p.
- Mermut, A.R.; Dosag, G.S.; Dowuona, G.N. (1996) – Soil Morphology. In: Ahmad, N. & Mermut, A.R. (Edit.), Vertissolos and technologies for their management. Development in Soil Science 24, Elsevier (Publ.), 549p.
- Milsom, J. (2001) - Subduction in eastern Indonesia: how many slabs? Tectonophysics, 338, pp. 167-178.
- Nogueira, P.; Rodrigues, D. (2010) - Movimentos de vertente em Timor-Leste: uma abordagem baseada em detecção remota e na análise por SIG. GEOTIC – Sociedade Geológica de Portugal, VIII Congresso Nacional de Geologia, Revista Electrónica de Ciências da Terra Vol. 22-N.º5. pp. 1-4.
- Ohlmacher, G.C. (2000) - The Relationship between geology and landslide hazards of Atchison, Kansas, and vicinity. Curr. Res. Earth Sci. 244 (3), pp. 1–16.
- Oliveira, S.; Zêzere, J.L.; Rodrigues, M.L.; Garcia, R.; Reis, E.; Vieira, G.; Ferreira, A.B. (2003) - Enquadramento legislativo da perigosidade e do riscos geomorfológico: o caso dos movimentos de vertente. III Seminário Recursos

- Geológicos, Ambiente e Ordenamento do Território, Livro de Actas, Vila Real, pp.311-320.
- Ormeling, F.J. (1956) - The Timor Problem. A Geographical Interpretation of an Underdeveloped Island. Djakarta, J.B. Wolters, 284.
- Panizza, M. (1996) – Environmental geomorphology. Developments in earth surface processes, Vol. 4, Amsterdam, Elsevier, 268p.
- Prasetyadi, C. (1995). Structure and tectonic significance of the Aileu Formation, East Timor. Unpublished Master's Thesis, West Virginia University, 144p.
- Prasetyadi, C.; Harris, R.A. (1996) - Hinterland structure of the active Banda arc-continent collision, Indonesia: constraints from the Aileu complex of East Timor. Proceedings of the 25th Annual Convention of the Indonesian Association of Geologists, pp. 144-173.
- Queirós, M. (2009) - Riscos e ordenamento do Território: Prometeus ou conhecimento e partilha. Revista do Conselho Nacional de Planeamento Civil de Emergência, 21, Lisboa, pp. 20-28.
- Reed, T.A.; Smet, M.E.M.; Harahap, B.H.; Sjapawi, A. (1996) - Structural and depositional history of East Timor. In: Proceedings Indonesian Petroleum Association, 25th Annual Convention, Jakarta, 25, 1, pp. 297-312.
- Rosidi, H.M.D.; Suwitodirdjo, K.; Tjokrosapoetra, S. (1981) – Geologic map of the Kupang-Atambua Quadrangles, Timor 1: 250,000. Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Saaty, T.L. (1980) - The Analytic Hierarchy Process. John Wiley, New York. 350p.
- Selby, M.J. (1982) - Hillslope Materials and Processes. Oxford University Press. 264p.
- Silva, H.L. (1956) - Timor e a Cultura do Café. Memórias da Junta de Investigação do Ultramar. Série Agronomia Tropical, N.º 1, Lisboa.
- Soares, F.A. (1957) – O Clima e o Solo de Timor. Suas relações com a agricultura. Estudos, Ensaios e Documentos, N.º 34, Lisboa, 118p.
- Soares, L. (2007) - Actual Condition and characteristic of slope failure in East Timor by multivariate statistical analysis. A thesis submitted to Department of Civil and Environmental Engineering, Saitama University, Japan for the Requirements of Master's Degree. 110p.
- Soeters, R.; van Westen, C.J. (1996) - Slope instability recognition, analysis and zonation. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (Eds.), Landslides Investigation and

- Mitigation. TRB Special Report 247. National Academy Press, Washington D.C., pp. 129–177.
- Summerfield, M.A. (1991) - Global Geomorphology: An introduction to the study of landforms. Department of Geography, University of Edinburgh. Pearson Prentice Hall (Pub.) 537p.
- Terzaghi K. (1953) - Mecanismo dos escorregamentos de terra. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, separata nº467, São Paulo.
- Terzaghi, K., (1950) - Mechanism of landslides, in Application of Geology to Engineering Practice, Berkey Vol., Geological Society of America, pp.83-123.
- Thornthwaite, C.W. (1948) – An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38(1), New York, pp. 51-91.
- Tobing, S.L. (1989) - The geology of East Timor, Unpublished M.Phil. thesis, London University.
- UNDRO (1979) - Natural Disasters and Vulnerability Analysis, Report of Expert Group Meeting 9-12 July 1979, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.
- UNESCAP (2002) - Geology and Mineral Resources of Timor-Leste. Economic and Social Commission for Asia and Pacific Atlas of Mineral Resources of the ESCAP region Volume 17. [URL10].
- Van Westen, C.J. (2000) - The modeling of landslide hazards using GIS. Surv. Geophys. 21, pp. 241–255.
- Varnes, D.J. (1978) – Slope Movement Types and Processes. In: Schuster, R.L.; Krizek, R.J. (Eds.), Landslides, Analysis and Control, Transportation Research Board Special Report, 176, Washington D.C., pp.11-33.
- Varnes, D.J. (1984) - International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Int. Assoc. Eng. Geol., UNESCO Natural Hazards Series no. 3, 63p.
- Wanner, J. (1956) - Zur stratigraphie von Portugiesisch Timor. Z. dt. Geol. Ges. 108, pp. 109-140.
- WP/WLI (International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory) (1993a) - A suggested method for describing the activity of

- a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 47, 53-57.
- WP/WLI (International Geotechnical Societies=UNESCO Working Party on World Landslide Inventory) (1993b) - Multilingual Landslide Glossary. BiTech Publishers Ltd,
- Yalcin, A. (2007) - The effects of clay on landslides: A case study. Applied Clay Science 38, pp. 77– 85.
- Yoshimatsu, H.; Abe, S. (2006) - A review of landslide hazards in Japan and assessment of their susceptibility using an Analytical Hierarchic Process (AHP) method. Landslides 3, pp. 149-158.
- Zêzere, J.L. (2000) – A classificação dos movimentos de vertente. Tipologia, actividade e morfologia. Apontamentos de Geografia, série investigação, nº6, CEG, Lisboa, p28.
- Zêzere, J.L. (2005) - Dinâmica de Vertentes e Riscos Geomorfológicos – Programa. Centro de Estudos Geográficos, Área de Geografia Física e Ambiente, Relatório nº 41, Lisboa, 128 p.
- Zêzere, J.L. (2007) - Riscos e Ordenamento do Território. Inforgeo, Associação Portuguesa de Geógrafos, 20/21, Ordenamento Territorial, pp.59-63.
- Zêzere, J.L.; Ferreira, A.B.; Rodrigues, M.L. (1999) - The role of conditioning and triggering factors in the occurrence of landslides: a case study in the area north of Lisbon (Portugal). Geomorphology 30, pp. 133–146.
- Zêzere, J.L.; Pereira, A.R.; Morgado, P. (2006) - Perigos Naturais e Tecnológicos no Território de Portugal Continental. Apontamentos de Geografia, série investigação, nº6, CEG, Lisboa, p17.
- Zêzere, J.L.; Ramos, C.; Reis, E.; Garcia, R.A.C.; Oliveira, S.C. (2008) - Perigos Naturais, Tecnológicos e Ambientais na Região do Oeste e Vale do Tejo. Inforgeo, 22/23, Riscos e Ambiente, Associação Portuguesa de Geógrafos, pp. 37-49.
- [URL1] [http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA4\\_MovMassa/index4.html](http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA4_MovMassa/index4.html)
- [URL2]<http://websig.civil.ist.utl.pt/timorgis/Home@1.aspx>
- [URL3]<http://www.world-maps.co.uk/continent-map-of-south-east-asia.htm>
- [URL4]<http://timor-leste.gov.tl/?p=29&lang=pt>

- [URL5] <http://www.seismo.ethz.ch/gshap/swpacific/>  
[URL6] <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/2006/20060127.php>  
[URL7] [http://websig.civil.ist.utl.pt/timorgis/Data\\_Sets@133.aspx](http://websig.civil.ist.utl.pt/timorgis/Data_Sets@133.aspx)  
[URL8] <http://www.australiangeomechanics.org/resources/downloads/>  
[URL9] <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>  
[URL10] <http://www.unescap.org/esd/water/publications/mineral/amrs/vol17/>

## SÍTIOS VISITADOS

- <http://e-terra.geopor.pt/>  
<http://hazardmitigation.calema.ca.gov/hazards/natural/landslide>  
<http://homepage.univie.ac.at/thomas.glade/>  
<http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/2008-1010-200655/index.htm>  
<http://srtm.csi.cgiar.org/>  
[http://websig.civil.ist.utl.pt/timorgis/Data\\_Sets@133.aspx](http://websig.civil.ist.utl.pt/timorgis/Data_Sets@133.aspx)  
<http://www.apgeo.pt/>  
<http://www.apgeom.pt/Apres/apres.htm>  
<http://www.dgotdu.pt/>  
<http://www.emdat.be/>  
<http://www.fao.org/forestry/fra/50896/en/tls/>  
<http://www.ga.gov.au/hazards/risk/>  
[http://www.geomorphologie.uni-bonn.de/persons/dr.-thomas-glade/publications\\_view](http://www.geomorphologie.uni-bonn.de/persons/dr.-thomas-glade/publications_view)  
<http://www.geonet.org.nz/resources/landslide/landslide-reports.html>  
<http://www.igeo.pt/servicos/cdi/biblioteca/PublicacoesIGP/esig2001/papers/esig45.pdf>  
[http://www.itc.nl/Pub/Home/library/Academic\\_output/AcademicOutput.html?y=8](http://www.itc.nl/Pub/Home/library/Academic_output/AcademicOutput.html?y=8)  
<http://www.itc.nl/unu>  
[http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/volumes\\_and\\_issues.html](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/volumes_and_issues.html)  
<http://www.riskam.org/>  
<http://www.tulane.edu/~sanelson/geol204/>  
[http://www.ukgeohazards.info/pages/eng\\_geol/landslide\\_geohazard/eng\\_geol\\_landslide\\_s\\_index.htm](http://www.ukgeohazards.info/pages/eng_geol/landslide_geohazard/eng_geol_landslide_s_index.htm)  
<http://www.unescap.org/esd/water/publications/mineral/amrs/vol17/>

---

**A N E X O S**  
(em suporte informático/CD)

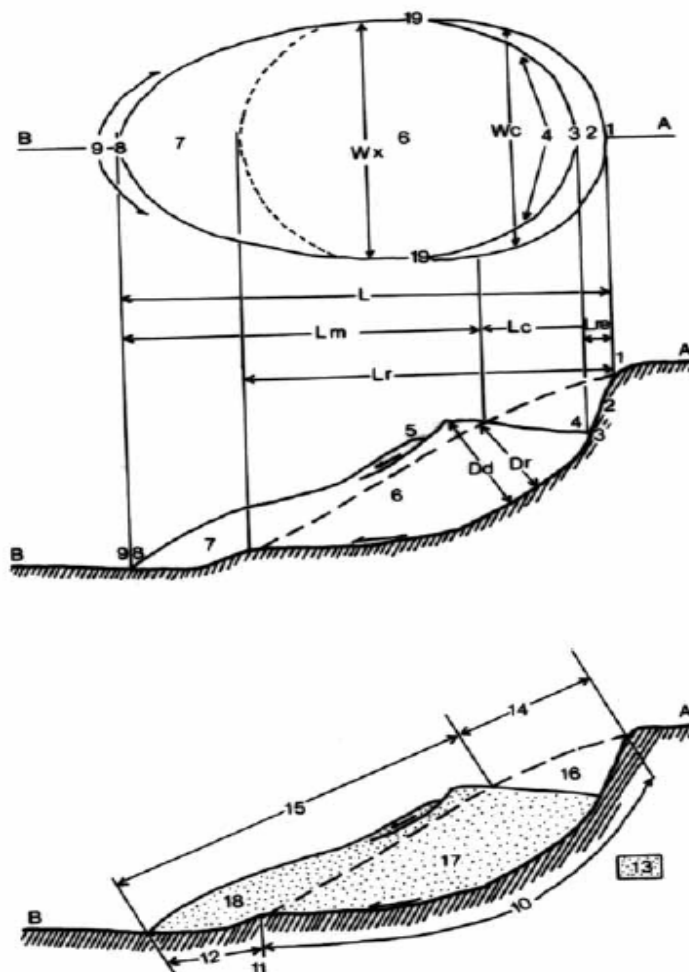
---

## ANEXO N.º I

Glossário da morfologia e as dimensões dos movimentos de vertente e a sua respectiva figura exemplificativa (WP/WLI, 1993b). Tradução em português por Zêzere (2000)

### A. Morfologia dos movimentos de vertente

- 1- **Cabeceira:** Área adjacente à parte superior da cicatriz principal, praticamente não afectada pelo movimento. A eventual presença de fissuras testemunha o efeito de tracção neste sector.
- 2- **Cicatriz principal:** Superfície inclinada ou vertical, frequentemente côncava, que limita o movimento de vertente na sua parte superior.



**Figura 1 de Anexo n.º I** - Elementos morfológicos e dimensões dos movimentos de vertente (WP/WLI, 1993a)

- 3- **Topo:** Ponto mais elevado ao longo do contacto entre o material deslocado e a cicatriz principal.
- 4- **Cabeça:** Faixa de contacto entre o material deslocado e a cicatriz principal.
- 5- **Cicatriz secundária:** Semelhante à cicatriz principal mas visível no material deslocado. É originada por movimentos diferenciais dentro da massa deslocada.
- 6- **Corpo principal:** Parte do material deslocado localizada por cima do plano de ruptura, entre a cicatriz principal e o limite jusante do plano de ruptura.
- 7- **Pé:** Parte da massa afectada que se desloca para além do limite jusante do plano de ruptura e se sobrepõe à superfície topográfica original.
- 8- **Extremidade jusante:** Ponto que define a extremidade jusante do material deslocado.
- 9- **Frente:** Faixa que define o limite jusante da massa afectada, em geral com uma forma convexa.
- 10- **Plano de ruptura; superfície de deslizamento:** Superfície ao longo da qual ocorre o movimento tangencial.
- 11- **Limite jusante do plano de ruptura:** Intercepção, a jusante, entre o plano de ruptura e a superfície topográfica original.
- 12- **Superfície de separação:** Superfície que separa os terrenos não afectados e o material deslocado que constitui o pé do deslizamento, a jusante do plano de ruptura.
- 13- **Material deslocado:** Material deslocado da sua posição original por influência de um movimento de vertente.
- 14- **Área de depleção:** Área do movimento de vertente em que o material deslocado se encontra abaixo da superfície topográfica original.
- 15- **Área de acumulação:** Área do movimento de vertente em que o material deslocado se encontra acima da superfície topográfica original.
- 16- **Depleção:** Volume de material perdido, definido pelos limites da cicatriz principal, superfície da massa abatida e superfície topográfica original.
- 17- **Massa abatida:** Massa do material deslocado que se sobrepõe ao plano de ruptura e fica abaixo do nível da superfície topográfica original.
- 18- **Acumulação:** Volume do material deslizado que se situa acima do nível da superfície topográfica original.

19- **Flanco**: Limite lateral do movimento de vertente. Quando se usam os termos direito e esquerdo, estes referem-se ao movimento observado de montante.

20- **Línguas e orlas de deslizamento**: Formas particulares de disposição do material deslocado que, embora mais frequentes nas áreas de acumulação, também se podem observar nas áreas de depleção dos deslizamentos.

## **B. Dimensões dos movimentos de vertente**

**L** - **comprimento total**; equivalente horizontal da distância entre o topo da cicatriz principal e a extremidade jusante do movimento.

**Lc** - equivalente horizontal do comprimento da área de depleção.

**Lm** - equivalente horizontal do comprimento da área de acumulação.

**Lr** - **comprimento do plano de ruptura**; equivalente horizontal da distância entre o topo da cicatriz principal e o limite jusante do plano de ruptura.

**Lre** - **comprimento da superfície de ruptura exposta**; equivalente horizontal da distância entre o topo e a base da cicatriz principal;

**Wc** - largura máxima da área de depleção, medida perpendicularmente a Lc.

**Wx** - largura máxima da área de acumulação, medida perpendicularmente a Lm.

**W** - largura máxima do movimento de vertente.

**Dr** - profundidade máxima do plano de ruptura, medida perpendicularmente à superfície topográfica original.

**Dd** - Espessura máxima da massa deslizada, medido perpendicularmente a Lc ou Lm.

## ANEXO N.º II

Unidades pedológicas de Timor (Garcia & Cardoso, 1978).

---

Garcia & Cardoso (1978) classificaram os solos de Timor em 60 unidades pedológicas, as quais se agrupam em 15 de nível superior, ao nível da subordem ou da ordem, conforme o esquema seguinte:

1. - FLUVISSOLOS
  - 1.1. - Fluvissoles êutricos
  - 1.2. - Fluvissoles calcários
  - 1.3. - Fluvissoles dístricos
2. – GLEISSOLOS
  - 2.1. - Gleissolos êutricos
  - 2.2. - Gleissolos calcários
  - 2.3. - Gleissolos mólicos
  - 2.4. - Gleissolos mólicos calcários
  - 2.5. - Gleissolos vérticos
3. – REGOSSOLOS
  - 3.1. - Regossolos êutricos
  - 3.2. - Regossolos êutricos líticos
  - 3.3. - Regossolos psamíticos êutricos
  - 3.4. - Regossolos calcários
  - 3.5. - Regossolos psamíticos calcários
4. – LITOSSOLOS
  - 4.1. - Litossolos êutricos
  - 4.2. - Litossolos calcários
  - 4.3. - Litossolos dístricos
5. – RANKERS
6. – RENDZINAS
7. – VERTISSOLOS
  - 7.1. - Vertissolos pélicos
  - 7.2. - Vertissolos fluvipélicos

- 7.3. - Vertissolos pélicos calcários
- 7.4. - Vertissolos crómicos
- 7.5. - Vertissolos crómicos calcários
- 8. – SOLONCHAKS
  - 8.1. - Solonchaks órticos
- 9. – SOLONETZ
  - 9.1. - Solonetz gleizados
- 10. – CASTANOZEMS
  - 10.1. - Castanozems háplicos
  - 10.2. - Castanozems fluviáplicos
  - 10.3. - Castanozems cálcicos
  - 10.4. - Castanozems fluvicálcicos
  - 10.5. - Castanozems lúvicos
  - 10.6. - Castanozems vérticos
  - 10.7. - Castanozems vérticos cálcicos
  - 10.8. - Castanozems vérticos lúvicos
- 11. CAMBISSOLOS
  - 11.1. - Cambissolos dístricos
  - 11.2. - Cambissolos êutricos
  - 11.3. - Cambissolos húmicos dístricos
  - 11.4. - Cambissolos fluviúmicos dístricos
  - 11.5. - Cambissolos gleizados êutricos
  - 11.6. - Cambissolos calcários
  - 11.7. - Cambissolos crómicos dístricos
  - 11.8. - Cambissolos crómicos êutricos
  - 11.9. - Cambissolos crómicos húmicos dístricos
  - 11.10. - Cambissolos crómicos húmicos êutricos
  - 11.11. - Cambissolos vérticos dístricos
  - 11.12. - Cambissolos vérticos êutricos
  - 11.13. - Cambissolos vérticos calcários
  - 11.14. - Cambissolos vérticos crómicos calcários
  - 11.15. - Cambissolos ferrálicos dístricos
- 12. – LUVISSOLOS
  - 12.1. - Luvisolos órticos

- 12.2. - Luvisolos crómicos
  - 12.3. - Luvisolos crómicos húmicos
  - 12.4. - Luvisolos vérticos
  - 12.5. - Luvisolos férricos
  - 12.6. - Luvisolos gleizados
  - 12.7. - Luvisolos gleizados vérticos
13. ACRISOLOS
- 13.1. - Acrissolos órticos
  - 13.2. - Acrissolos férricos
  - 13.3. - Acrissolos férricos húmidos
14. – FERRALSOLOS
- 14.1. ferralsolos ródicos
15. – HISTOSSOLOS
- 15.1. - histossolos êutricos

Descrições morfológicas das 15 unidades pedológicas de nível superior assinaladas na Carta dos Solos.

**A - *Histossolos***

Solos com horizonte O com 40 cm ou mais de espessura (60 cm ou mais se o material orgânico consistir principalmente de *Sphagnum* ou musgos ou tiver densidade aparente inferior a 0,1), contada a partir da superfície ou considerada cumulativamente dentro dos 80 cm superiores do solo; a espessura do horizonte O pode ser menor no caso de assentar em rocha ou material rochoso cujos interstícios estejam preenchidos com matéria orgânica.

**B - *Litossolos***

Outros solos cuja espessura, limitada por rocha dura, coerente e contínua, não excede 10 cm.

**C - *Vertissolos***

Outros solos que, após se misturarem os 18 cm superiores, apresentam 30 % ou mais de argila em todos os horizontes situados até 50 cm de profundidade; na maioria dos anos mostram, em certo período, fendas com um mínimo de 1 cm de largura e até 50 cm de profundidade, a não ser que sejam regados, e têm uma ou mais das seguintes características; microrrelevo «gilgai», superfícies polidas que se intersectam, agregados estruturais com arestas vivas, os últimos dois aspectos encontrados entre 25 e 100 cm de profundidade.

#### **D - Fluvisolos**

Outros solos formados em depósitos aluvionares recentes, sem outros horizontes de diagnóstico que não sejam os horizontes A «ochric», O, glei e «thionic».

#### **E - Solonchaks**

Outras solos com um horizonte «salic» e/ou com condutividade do extracto de saturação superior a 15 mmhos/cm (a 25 °C) nalgum período do ano, ambos os aspectos encontrados a menos de 1,25 m de profundidade, ou com condutividade igual ou superior a 6 mmhos/cm a menos de 50 cm de profundidade se o pH em água (1:1) exceder 8,5; sem outros horizontes de diagnóstico que não sejam os horizontes A, O, glei e B «cambic».

#### **F - Gleissolos**

Outros solos com horizonte glei cuja parte superior se encontre a menos de 50 cm de profundidade; sem outros horizontes de diagnóstico que não sejam os horizontes A, O, B «cambic» e «calcic», «gypsic», ou «plinthic».

#### **G - Regossolos**

Outros solos sem outros horizontes de diagnóstico que não sejam um horizonte A «ochric» ou um horizonte glei situado a mais de 50 cm de profundidade; se tiverem textura ligeira não devem apresentar lamelas de acumulação de argila, nem aspectos dos horizontes «cambic» ou «oxic», nem serem constituídos por material «albic».

**H - Rankers**

Outros solos com um horizonte A «umbric» e sem outros horizontes de diagnóstico que não sejam um B «cambie» no caso de o A ter espessura superior a 25 cm; com rocha consolidada não calcária a menos de 50 cm de profundidade.

**I - Ferral solos**

Outros solos com horizonte B «oxic».

**J - Solonetz**

Outros solos com horizonte B «natric».

**L - Rendzinas**

Outros solos com um horizonte A «mollic» de espessura não superior a 50 cm que contém ou assenta directamente em material calcário com mais de 40% de carbonatos (expressos em Ca CO<sub>3</sub>).

**M - Castanozems**

Outros solos com um horizonte A «molhe» de croma, no estado húmido, superior a 1,5 até à profundidade de 15 cm, e com um horizonte «calcic» ou «gypsic» ou com concentrações brandas de carbonatos pulverulentos a menos de 125 cm de profundidade (90 cm, no caso de texturas medianas, e 75 cm, no caso de texturas pesadas); e/ou apresentando um aumento com a profundidade da saturação de Na + K.

**N - Acrissolos**

Outros solos com um horizonte B «argillic» cujo grau de saturação de bases é inferior a 35 %, pelo menos em parte dele.

**O - Iluvisolos**

Outros solos com um horizonte B «argillic».

**P - Cambissolos**

Outros solos com um horizonte B «cambie» ou um horizonte A «umbric» com mais de 25 cm de espessura.

## ANEXO N.º III

Classificação dos solos provenientes das várias formações geológicas existentes em Timor, (Leme, 1968; Garcia & Cardoso, 1978).

---

### 1. Formação de Lolotoi

Os solos provenientes desta formação, na sua maioria, Litossolos, Cambissolos, por vezes Luvissolos.

### 2. Formação de Aileu

Dá origem, principalmente, a Cambissolos, mas também aparecem Luvissolos e Acrissolos

### 3. Formação de Maubisse

Dá origem a Castanozems, Cambissolos e Luvissolos; nas maiores altitudes aparecem Rankers.

### 4. Série de Cribas

Dá origem, em geral, a Cambissolos, e Castanozems: por vezes formam-se Luvissolos e Acrissolos.

### 5. Série de Triássico e Jurássico

Dá origem a Cambissolos, Castanozems, Vertissolos, Luvissolos e Acrissolos. Formam relevos importantes e erosionados.

### 6. Maciços calcário de Tutuala

Dá origem, em geral, a Rendzinas e Cambissolos.

### 7. Formação de Baguia

Dá origem a solos diversos, desde pouco evoluídos, como sejam Regossolos, até Luvissolos e Acrissolos. Formam relevos importantes.

### 8. Cretácico

Esta formação, em Iliomar e em Uato Lari, dá em geral origem a solos Cartanozems, formando relevos importantes, com solos de pequena espessura.

### 9. Rochas eruptivas da Barique

Dão origem a Rankers ou a outros solos mais evoluídos, nomeadamente Luvissolos e Acrissolos.

### 10. Calcário de “fato”

Dá origem, em geral, a Rendzinas e a Cambissolos.

### **11. Complexo Argiloso**

Dá origem, em geral, a Vertissolos pélicos, Castanozems vérticos, Cambissolos vérticos e Luvisolos vérticos

### **12. Série de Viqueque**

Dá origem, em geral, a Cambissolos e, por vezes, a Vertissolos

### **13. Recifes de coral emerso**

Com grande representação em Timor, dão origem a solos muito diversos, nomeadamente Cartanozems, Vertissolos, Cambissolos, Luvisolos, Acrissolos e Ferralsolos. Têm espessura variável e, às vezes, a rocha aflora em grande quantidade.

### **14. Calcários lacustres de Porus**

Dão origem, em geral, a Vertissolos e, por vezes, a Castanozems

### **15. Terraços fluviais**

Os terraços fluviais dão origem a Aluviosolos Antigos

### **16. Aluviões recentes**

Nesta formação desenvolvem-se os seguintes tipos de solos: Fluviosolos, Gleissolos, Vertissolos, Regossolos e, por vezes, Solonchaks

## ANEXO N.º IV

Registo de trabalho de campo na área de estudo.

---

**ANEXO N.º IV**

Registo de trabalho de campo na área de estudo, região de Bobonaro, Timor-Leste

**Livro de Campo**  
**Levantamento Geológico**  
**Local : Bobonaro Timor-Leste**

**Data : 6/08/09 - 14/08/09**

**Curso : Geomática/Ualg (2008 - 2010)**  
**Por : Benjamim Hopfer Martins**  
**Num. Aluno: 38343**

Num	Data	COD_GPS	WGS84-UTM-51L			Local			Tipo	Fotografia		Amostra		Afloramento	Vegetação	Formação	Obs	Uso Solo
			S	E	Z	Aldeia	Sub-Distrito	Obs		Obs	COD	DESC.						
1	06/08/09	GM1	717803	9012300	5	Batugade	Balibo		Paisagem	Praia							NA	
2	06/08/09	GM2	736622	9006532	160	Tunubibi	Maliana		Paisagem	Planície e Montanha					Wailuli			
3	06/08/09	GM3	744975	9005114	247	Buipira	Maliana	Ponte	Paisagem	Ribeira			Rochoso		Wailuli			
4	06/08/09	GM4	746003	9003936	492	Lahomea	Maliana		Paisagem	Erosão e deslizamento					Wailuli			
5	06/08/09	GM5	746713	9003196	659	Galasapulu	Maliana	Estrada	Paisagem	Paisagem Radial-Mt. Lolaku e Mt. Odomau					Wailuli			
6	06/08/09	GM6	748603	9003012	701	Galasapulu	Maliana	Ponte/Ribeira	Paisagem	Ribeira Galsapulu	GM6	Rochas (grandes)			Wailuli			
7	06/08/09	GM7	750023	90039226	820	Halimesak	Maliana	Estrada	Paisagem	Pico entre Mt. Loelaku e Mt. Abenddudatoi	GM7	Material detrítica (fragmentos)			Wailuli			
8	06/08/09	GM8	751076	9003396	858	Lakatil (Odomau)	Maliana	Estrada	Paisagem	Picos Rochosos	GM8	Rochas	Rochoso		Maubisse			
9	06/08/09	GM9	751171	9003054	922	Odamau	Maliana	Estrada	Paisagem		GM9	Argilas			Maubisse/Wailuli/BC			
10	06/08/09	GM10	751274	9002662	941	Odamau	Maliana	Estrada	Paisagem	Paisagem de Uat e Ilibole								
11	06/08/09	GM11	752142	9001662	876	Ilibole	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Actividade de Extração de britas para construção (estradas)	GM11	Rocha						
12	07/08/09	GM12	758715	9002400	763	Zobelis/Lourba	Bobonaro	Nascente	Paisagem	Encosta	GM12	Argila/Betonite	Argila e Material detrítico	Sem vegetação	Bobonaro Scaly Clay			
13	07/08/09	GM13	758899	9002058	789	Pietastama/Lourba	Bobonaro	Cemitério	Paisagem	Pico - Encosta	GM13	Rocha	Rocha detrítica	Relva	Bobonaro Scaly Clay			
14	07/08/09	GM14	759510	9001028	529	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Ribeira de Lomea	GM14	A) Rocha e Argila em camadas intercalada uniforme B) Argila de BC	Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay			
15	07/08/09	GM15	759473	9001054	535	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Ribeira de Lomea			Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay			
16	07/08/09	GM16	759334	9000834	556	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Deslizamento de Massa, Dir Lepo-Lourba -->Norte	GM16	Rocha	Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay			
17	07/08/09	GM17	759231	9000812	556	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Deslizamento de Massa, Dir Lepo-Lourba -->Norte, que originou a lagoa, "Lokon", dimensão 30/50 metros			Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay	No início da madrgada, Março 1977, Chuva Forte (7 dias e 7 noites), Vento forte; Testemunhos vivos, Domingos Martins e Lourenço Cardoso, estiveram a dormir na barraca na horta de cada um; estragos os latifundios sem vítima humana (Fonte Julio)		
18	07/08/09	GM18	759157	9001006	524	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Base do deslizamento, Rib. Lomea	GM18 (A,B,C)	A) Argila da Base, B) Material intercalar C) Rocha	Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay			
19	07/08/09	GM19	759196	9001042	531	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Deslizamento de Massa, Rocha e Argila em camadas intercalares e dobradas.	GM19	Argila/Betonite	Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay			
20	07/08/09	GM20	759246	9001040	529	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Deslizamento de Massa			Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay	(Referência: Vaca)		
21	07/08/09	GM21	758840	9001698	642	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Deslizamento de Massa			Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay	Movimento de vertente na margem norte da Ribeira de Lomea, (Lourba) - Março 2004, Chuva torrencial, Vento Forte, Latifundios destruídos sem perda de vida humana (Fonte: Julio)		

**ANEXO N.º IV**

Registo de trabalho de campo na área de estudo, região de Bobonaro, Timor-Leste

**Livro de Campo**  
**Levantamento Geológico**  
**Local : Bobonaro Timor-Leste**

**Data : 6/08/09 - 14/08/09**

**Curso : Geomática/Ualg (2008 - 2010)**  
**Por : Benjamim Hopfer Martins**  
**Num. Aluno: 38343**

Num	Data	COD_GPS	WGS84-UTM-51L			Local			Fotografia		Amostra		Afloramento	Vegetação	Formação	Obs	Uso Solo
			S	E	Z	Aldeia	Sub-Distrito	Obs	Tipo	Obs	COD	DESC.					
22	07/08/09	GM22	758845	9002022	780	Pietastama/Lourba	Bobonaro	Cemitério	Paisagem	Pico - Encosta, Actividade de extração de rochas (brita) para construção - Recente			Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay	Actividade de extração 1995 - 1997, 2008 - 2009	
23	08/08/09	GM23	752922	9000878	1025	Oeleu	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Pico-Deslizamento de Massa	GM23	Argila/Betonite	Rocha detrítica e Argila (Cinzento e Bordo)	Relva/Pasto	Bobonaro Scaly Clay		
24	08/08/09	GM24	749501	8998244	1290	Oeleu	Bobonaro	Estrada	Paisagem	???????			Rocha detrítica e Argila (Cinzento e Bordo)	Relva/Pasto			
25	08/08/09	GM25	748906	8998322	1383	Tapo	Bobonaro	Estrada	Paisagem		GM25	Rocha de cor escura	Blocos de rochas, diâmetro até 1m	Arbustos e floresta	Maubisse		
26	08/08/09	GM26	748528	8996958	1473	Tapo	Bobonaro	Estrada	Paisagem				Rochoso	Arbustos e floresta	Maubisse		
27	08/08/09	GM27	???	???	???	Tapo-Leber	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Paisagem de Lour - Direcção Leste			Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa			
28	09/08/09	GM28	747375	9003422	705	Lahomea	Maliana	Estrada	Paisagem	Deslizamento nas encostas de Mt. Loelaku - paisagem de Scaly Clay - paisagem de reptação entre Lahomea e Galasapulo			Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Wailuli		
29	09/08/09	GM29	750012	9004362	824	Maganuto	Maliana	Estrada	Paisagem	Paisagem de reptação generalizada	GM29	Material detrítica	Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Wailuli		
30	09/08/09	GM30	750145	9003568	815	Halimesak	Maliana	Estrada	Paisagem	Estratigrafia - Encosta - Material detrítica, Erosão/reptação		Material detrítica	Rocha detrítica e Argila	Capin, arbusto e arvores não densa	Wailuli		
31	09/08/09	GM31	???	???	???	Odomau/Lakatil	Maliana	Estrada	Paisagem	Paisagem - Falling stone, Actividade de extração de britas para construção			Rochoso	Árvore densa	Maubisse		
32	09/08/09	GM32	752414	9001686	927	Ilibole	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Actividade de extração de Calcário	GM32	Calcarinito	Rochoso	Capin, arbusto e arvores não densa	Wailuli		
33	09/08/09	GM33	752636	9001844	978	Ilibole	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Paisagem -reptação			Argiloso	Relva/Pasto	Bobonaro Scaly Clay		
34	09/08/09	GM34	753413	9000866	986	Oeleu	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Paisagem -reptação			Argiloso	Relva/Pasto	Bobonaro Scaly Clay		
35	10/08/09	GM35	756211	9001658	678	Fatukmonu	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Local do deslizamento há mais de 100 anos			Rochoso/Argiloso	Capin, arbusto e arvores não densa	Bobonaro Scaly Clay	Aldeias antigas da zona não habitadas: Luan Khou, Dasilaka, Piidapil, Kulomil, Holpoh; "Mug Melan", "Mug Luan" e "Luan Khou" (Mug = Terra, Melan = Cedoso/adesivo, Luan = argila, Khou = derrubado/caído)	
36	10/09/09	GM36	756845	9001364	596	Luan Khou	Bobonaro	Caminho/Encosta/Ribaira	Paisagem	Deslizamento de terra argilosa	GM36	Argila/Betonite	Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e arvores densa	Bobonaro Scaly Clay		
37	10/09/09	GM37	756878	9001422	589	Luan Khou	Bobonaro	Caminho/Encosta/Ribaira	Paisagem	Deslizamento de terra argilosa			Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e arvores densa	Bobonaro Scaly Clay		
38	10/08/09	GM38	757185	9001380	544	Luan Khou	Bobonaro	Caminho/Encosta/Ribaira	Paisagem	Deslizamento de terra argilosa - Avalanche de uma grande bloco de argila (scaly clay)	GM38 (A,B)	A)-Scaly Clay (Argila); B)-Rocha	Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e arvores densa	Bobonaro Scaly Clay		
39	10/08/09	GM39	756732	9001050	672	Malilu	Bobonaro	Caminho/Encosta/Ribeira	Paisagem	Paisagem erosão e deslizamento de terra, formando picos da scaly clay (argila) sem vegetação, rodeada de floresta da casaurine e relva/pasto			Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e arvores densa	Bobonaro Scaly Clay	Característica da Paisagem: dificuldade de andar no tempo de chuva, muito escorregadio devido o efeito da argila/betonite (cedoso)	
40	10/08/09	GM40	755507	9001654	831	Fatukmonu/Osh Mual	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Local do deslizamento há mais de 100 anos - Local de extração da areia brita para construção	GM40	Rocha/Argilite, cor verde escuro	Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e poucas arvores	Bobonaro Scaly Clay		
41	10/08/09	GM41	755474	9001762	827	Fatukmonu/Osh Mual	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Local do deslizamento há mais de 100 anos - Local de extração da areia brita para construção		Rocha/Argilite, cor verde escuro	Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e poucas arvores	Bobonaro Scaly Clay	Movimento de vertente recente, Março 2009 Chuva e Vento Forte	
42	10/08/09	GM42	755339	9001762	846	Fatukmonu/Osh Mual	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Local do deslizamento há mais de 100 anos - Local de extração da areia brita para construção		Rocha/Argilite, cor verde escuro	Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e poucas arvores	Bobonaro Scaly Clay	Movimento de vertente recente, Março 2009 Chuva e Vento Forte	

ANEXO N.º IV

Registo de trabalho de campo na área de estudo, região de Bobonaro, Timor-Leste

Livro de Campo  
Levantamento Geológico  
Local : Bobonaro Timor-Leste

Data : 6/08/09 - 14/08/09

Curso : Geomática/Ualg (2008 - 2010)  
Por : Benjamim Hopfer Martins  
Num. Aluno: 38343

Num	Data	COD_GPS	WGS84-UTM-51L			Local			Tipo	Fotografia		Amostra		Afloramento	Vegetação	Formação	Obs	Uso Solo
			S	E	Z	Aldeia	Sub-Distrito	Obs		Obs	COD	DESC.						
43	10/08/09	GM43	755275	9001918	901	Fatukmonu/Leten Bull	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Pico-diferente tipo de rochas	GM43	Rocha/Argilito, cor amarela	Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e poucas arvores	Bobonaro Scaly Clay			
44	10/08/09	GM44	756524	9000996	689	Fatukmonu/Osh Mual	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Pico - Actividade de extracção de brita e areia	GM44	Rocha/Argilito, cor verde escuro	Rochoso/Argiloso/Material detrítica	Capin, arbusto e poucas arvores	Bobonaro Scaly Clay			
45	11/08/09	GM45	755328	9001638	881	Tuluata/Monumento	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	-	-	-	-	-	-	-	-	
46	11/08/09	GM46	756644	9000048	625	Hol Masak/ Tuluata	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Encosta - Deslizamento de Terra, desde a base da rocha grande em direcção a ribeira de Lomea			Argiloso/Rochas de varias dimensões e material detrítica	Capin, arbusto e poucas arvores	Bobonaro Scaly Clay			
47	11/08/09	GM47	757198	8999694	533	Holmasak/Tuluata	Bobonaro	Encosta/Caminho	Paisagem	Encosta - Deslizamento de Terra,direcção a ribeira de Lomea	GM47(A, B)	A)-Argila, B)-Rocha	Solo+-30cm, Argiloso com muitos fragmentos de varias rochas	Capin/pasto, arbusto e arvores (casaurine) densa	Bobonaro Scaly Clay			
48	11/08/09	GM48	757435	9000102	440	Rib. Lomea Tuluata	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Margens da Ribeira-Erosão, deslizamentos de terra, em queda	GM48(A, B,C,D)	A&B- Argila(Cinzenta), C- Argila (vermelha), D Rochas	Rochoso, Argiloso e Materiais detríticas	Arbusto e arvores (casaurine) densa	Bobonaro Scaly Clay			
49	11/08/09	GM49	754870	8999392	624	Rib. Liliu	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Ribeira perpendicular a Rib. Lomea			Rochoso, Argiloso e Materiais detríticas	Arbusto e arvores (casaurine) densa	Bobonaro Scaly Clay			
50	11/08/09	GM50	756962	8996618	328	Aiasa	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Paisagem de deslizamento generalizada (Sul a Oeste), as aldeias de Odelgomo, Mazop, Holsa, Laho, Tapo e Oeleo					Bobonaro Scaly Clay	Mesma Litologia		
51	11/08/09	GM51	757045	8996526	326	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Ponto de união - Rib. Lomea e Rib. Masi	GM51	Argila/Betonite	Rochoso, Argiloso e Materiais detríticas	Arbusto e arvores (casaurine) densa	Bobonaro Scaly Clay	A areia muito cedosa		
52	11/08/09	GM52	757298	8996082	325	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Movimentos de vertente na base do Mt. Lour - dir Oeste			Rochoso, Argiloso e Materiais detríticas	Arbusto e arvores densa	Bobonaro Scaly Clay	Ocorrência movimento de vertente - Dezembro 2004, Chuva torrencial e Vento Forte - deu origem a uma lagoa, tipo barragem natural.		
53	11/08/09	GM53	757455	8995924	320	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Movimentos de vertente na base do Pico de Holmesel - dir Este			Rochoso, Argiloso e Materiais detríticas	Arbusto e arvores densa	Bobonaro Scaly Clay	Ocorrência movimento de vertente - Dezembro 2004, Chuva torrencial e Vento Forte - deu origem a uma lagoa, tipo barragem natural.		
54	11/08/09	GM54	757461	8995818	320	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Movimento de vertente na base do Pico de Holmesel - dir Este	GM54	Rocha	Rochoso, Argiloso e Materiais detríticas	Arbusto e arvores densa	Bobonaro Scaly Clay	Ocorrência movimento de vertente - Dezembro 2004, Chuva torrencial e Vento Forte - deu origem a uma lagoa, tipo barragem natural.		
55	11/08/09	GM55	756933	8996610	341	Rib. Lomea	Bobonaro	Ribeira	Paisagem	Ponto de união - Rib. Lomea e Rib. Masi			Rochoso, Argiloso e Materiais detríticas	Arbusto e arvores (casaurine) densa	Bobonaro Scaly Clay	A areia muito cedosa		
56	11/08/09	GM56				Laco Zol	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem		GM56	Material detrítica/Brando	Rochas brandas	Capin, Arbusto e arvores pouco densa	Bobonaro Scaly Clay			
	11/08/09		756324	8997844	549	Oalgomo	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Erosão e movimentos de vertente			Argiloso e Material detrítica	Poucas arveores	Bobonaro Scaly Clay			
57	11/08/09	GM57	753715	8997964	593	Mazop	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Erosão e movimentos de vertente	GM57	Rocha	Rochoso	Capin, Arbusto e arvores pouco densa	Aitutu			
58	11/08/09	GM58	754092	8998430	476	Rib. Masi	Bobonaro	Estrada/Ribeira	Paisagem	Ribeira-Actividade de Extração de areia e Britas	-	-	Rochoso	Capin, Arbusto e arvores pouco densa	Aitutu			
59	12/08/09	GM59	760589	9001666	848	Karabau	Bobonaro	Estrada/Pico	Paisagem	Paisagem - reptação e erosão, direcção oeste	-	-		Capin, Arbusto e arvores pouco densa	Bobonaro Scaly Clay			
60	12/08/09	GM60	760934	9001122	747	Uduai	Bobonaro	Estrada/Pico	Paisagem	Paisagem - reptação e erosão nas margens das ribeiras direcção este				Capin, Arbusto e arvores pouco densa	Bobonaro Scaly Clay			
61	12/08/09	GM60	761129	9000890	679	Rib. Tasibalu/Uduai	Bobonaro	Estrada/Ribeira	Paisagem	Paisagem - reptação e erosão nas margens das ribeiras direcção este	GM61(A, B)	A)-Argila (Margem da Ribeira B) Rochas	Argiloso/Rochoso	Capin, Arbusto e arvores pouco densa	Bobonaro Scaly Clay	Nome da montanha: Hull Lih		
62	12/08/09	GM62	761552	9000568	787	Rib. Girabou/Tasibalu	Bobonaro	Estrada/Ribeira	Paisagem	Paisagem - ribeira muito esncastada, vegetação densa	GM62	Rocha	Argiloso/Rochoso, de varias dimensões desde calhau a 1 metro diametro	Capin, Arbusto e arvores muito densa	Bobonaro Scaly Clay			

**ANEXO N.º IV**

Registo de trabalho de campo na área de estudo, região de Bobonaro, Timor-Leste

**Livro de Campo**  
**Levantamento Geológico**  
**Local : Bobonaro Timor-Leste**

**Data : 6/08/09 - 14/08/09**

**Curso : Geomática/Ualg (2008 - 2010)**  
**Por : Benjamim Hopfer Martins**  
**Num. Aluno: 38343**

Num	Data	COD_GPS	WGS84-UTM-51L			Local			Tipo	Fotografia	Amostra		Afloramento	Vegetação	Formação	Obs	Uso Solo
			S	E	Z	Aldeia	Sub-Distrito	Obs			COD	DESC.					
63	12/08/09	GM63	761326	9000184	795		Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Movimento de Massa, erosão e reptação + Paisagem de Rib Lomea e Bobonaro			Argiloso/Rochoso, de varias dimensões desde calhau a 1 metro diametro	Relva	Bobonaro Scaly Clay		
64	12/08/09	GM64	761317	9000070	802	Girabou/Tasibalu	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Movimento de Massa, erosão e reptação	GM64	Material detritica	Argiloso/Rochoso, de varias dimensões desde calhau a 1 metro diametro	Relva	Bobonaro Scaly Clay		
65	12/08/09	GM65	761578	8999966	812	Girabou/Tasibalu	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Movimento de Massa, erosão e reptação, rochas a superfície da encosta em formas de blocos quase regulares, 50/100 cm - Extradido para material de construção de estradas	GM65	Rocha (Argilito)	Argiloso/Rochoso, de varias dimensões desde calhau a 1 metro diametro	Relva	Bobonaro Scaly Clay		
66	12/08/09	GM66	762224	8999378	816	Lepo	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Actividade de Extração de material para construção de estradas + Foto da estratificação			Argiloso/Rochoso, de varias dimensões desde calhau a 1 metro diametro	Relva, arbustos e arvores pouco densa	Bobonaro Scaly Clay		
67	12/08/09	GM67	762152	8998714	827	Lepo	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Estratigrafia	GM67	A)-Argila B) Rocha/Argilito 8)Brando)	Argiloso/Rochoso, de varias dimensões desde calhau a 1 metro diametro	Relva, arbustos e arvores pouco densa	Aitutu		
68	12/08/08	GM68	762176	8998272	816	Lepo/Kakeu Mesak/Gou Gua	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Paisagem movimento de vertente/Reptação	-	-	Argiloso/Rochoso, Material brando	Relva, arbustos e arvores pouco densa	Aitutu		
69	12/08/09	GM69	761980	8998270	815	Lepo/Kakeu Mesak/Gou Gua	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Paisagem, ponto GM69 - para Lour, Anapal, Lepo e Bobonaro	-	-	Argiloso/Rochoso, Material brando	Relva, arbustos e arvores pouco densa	Aitutu		
70	12/08/09	GM70	761107	8999106	789	Lepo	Bobonaro	Estrada/Encosta	Paisagem	Deslizamento de Terra, erosão e reptação, Atividade de extração	-	-	Argiloso/Rochoso, Material brando	Relva, arbustos e arvores pouco densa	Aitutu	Ocorrência de movimento de vertente: Outubro/Novembro de 2004	
71	12/08/09	GM71	760603	8999092	768	Uaklot/Hauba	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Actividade de Extração de material, areia e brita para construção de estradas + Foto da estratificação	GM71	Material Extraido	Rochoso	Relva, arbustos e arvores pouco densa	Wailuli		
72	12/08/09																
73	12/08/09	GM73	753705	8999712	739	Aiasa	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Deslizamento de Terra de grande extensão			Argiloso/Material detritico	Capin, arbusto e arvores muito poucas	Bobonaro Scaly Clay	Ocorrência de movimento de vertente: Fevereiro de 2003. Danos; 40 hortas/latifundios de milho e amendoim, 1 casa, sem perdas humanas - Chuvisca dias antes + 4 horas de chuva forte, deslizamento teve início a meia-noite e continuou até o dia amanhecer	
74	12/08/09	GM74	753888	9000850	954	Aiasa	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Movimento de vertente de grande extensão e paisagem de reptação	-	-	Argiloso/Material detritico	Capin/Pasto	Bobonaro Scaly Clay		
75	12/08/09	GM75	754922	9000922	959	Pico de Nalilait	Bobonaro	Caminho/Encosta	Paisagem	Movimento de vertente e paisagem de reptação	-	-	Argiloso/Material detritico	Capin/Pasto	Bobonaro Scaly Clay	Delizamento de Terra, danos: foi levado uma parte dos semitários	
76	14/08/09	GM76	758220	9002536	731	Sigabas/Gumer	Bobonaro	Estrada/Caminho	Paisagem	Erosão/Deslizamento (Natural e Intervenção Humana)	GM76(A, B,C,D,E)	A)-Tipo cera, B)- Argila cinzenta, C)- Argila Amarela, D)- Rochas, E)- Argila	Argiloso/Material detritico	Capin/Pasto	Bobonaro Scaly Clay	2004	
77	14/08/09	GM77	755242	9002114	861	Khaboke/Uat	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Erosão/movimento de vertente - paisagem de reptação	GM77	Rochas detriticas	Argiloso/Material detritico	Capin/Pasto	Bobonaro Scaly Clay		
78	14/08/09	GM78	756102	9002940	877	Hadare	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Paisagem erosão e reptação, Actividade de extração antiga para material de construção nos anos 1950			Argiloso/Rochoso/Material detritica	Capin/Pasto	Bobonaro Scaly Clay		
79	14/08/09	GM79	755804	9004312	812	Atuabem/Marobo	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Erosão das encostas das montanhas			Rochoso, de varias dimensões desde gravel blocos de 50 cm	Capin, Arbusto e arvores pouco densa	Bobonaro Scaly Clay		
80	14/08/09	GM80	756491	9005698	795	Ilatlaun/Marobo	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Quedas de Rochas	GM80	Rocha	Rochoso, de varias dimensões desde gravel blocos de 50 cm	Arvores grandes pouco densa	Bobonaro Scaly Clay		
81	14/08/09	GM81	757040	9002962	791	Manumean/Grotu	Bobonaro	Estrada	Paisagem	Erosão/Deslizamento (Natural e Intervenção Humana)		idem GM76	Argiloso/Material detritico	Capin/Pasto	Bobonaro Scaly Clay	Projecto de manutenção de estrada, ano 2004	

## ANEXO N.º V

Percentagem de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>)

---

**ANEXO N.º V**

Percentagem (%) do Carbonato de Cálcio (CaCO<sub>3</sub>)

Amostras: Argilas de Bobonaro, TL Análise: Percentagem (%) CaCO<sub>3</sub>  
 Area de Estudo: Geomática-ASA  
 Laboratório: CIMA-UALg  
 Data: Março de 2010  
 Por: Benjamim H. Martins Orientador: Prof. D. Moura

#	Amostra		Peso(gr)	Peso(gr)	Peso(gr)	Peso(gr)	Peso(gr)	CaCo3
	COD1	COD2	Amostra	Filtro	D + E	D' + E'	F - G	(H/D)%
A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	GM48(A)	B1	50.02	3.38	53.40	50.44	2.96	5.92
2	GM51	B2	50.50	3.34	53.84	-	-	-
3	GM9	B3	50.26	3.30	53.56	50.51	3.05	6.07
4	GM14(A)	B4	50.21	3.37	53.58	48.90	4.68	9.32
5	GM56	B5	50.08	3.31	53.39	-	-	-
6	GM36	B6	50.11	3.34	53.45	49.57	3.88	7.74
7	GM76(B)	B7	50.17	3.34	53.51	45.10	8.41	16.76
8	GM61(A)	B8	50.03	3.69	53.72	48.22	5.50	10.99
9	GM23	B9	50.16	3.71	53.87	50.95	2.92	5.82
10	GM76(E)	B10	50.09	3.32	53.41	49.99	3.42	6.83
11	GM12	B11	50.70	3.35	54.05	-	-	-
12	GM48(B)	B12	50.13	3.37	53.5	50.07	3.43	6.84
13	GM18(B)	B13	50.05	3.31	53.36	48.79	4.57	9.13
14	GM38(A)	B14	50.09	3.51	53.6	49.31	4.29	8.56
15	GM76(A)	B15	50.06	3.31	53.37	39.08	14.29	28.55
16	GM19	B16	50.10	3.35	53.45	52.41	1.04	2.08
17	GM76-C	B17	50.08	3.34	53.42	42.08	11.34	22.64
18	GM18(A)	B18	50.12	3.31	53.43	52.04	1.39	2.77
19	GM47(A)	B19	50.09	3.36	53.45	51.21	2.24	4.47
20	GM29	B20	50.04	-	-	-	-	-
21	GM7	B21	50.10	3.34	53.44	52.77	0.67	1.34
22	GM14(B)	B22	50.12	-	-	-	-	-

## ANEXO N.º VI

### Análise granulométricas

---

### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN1**

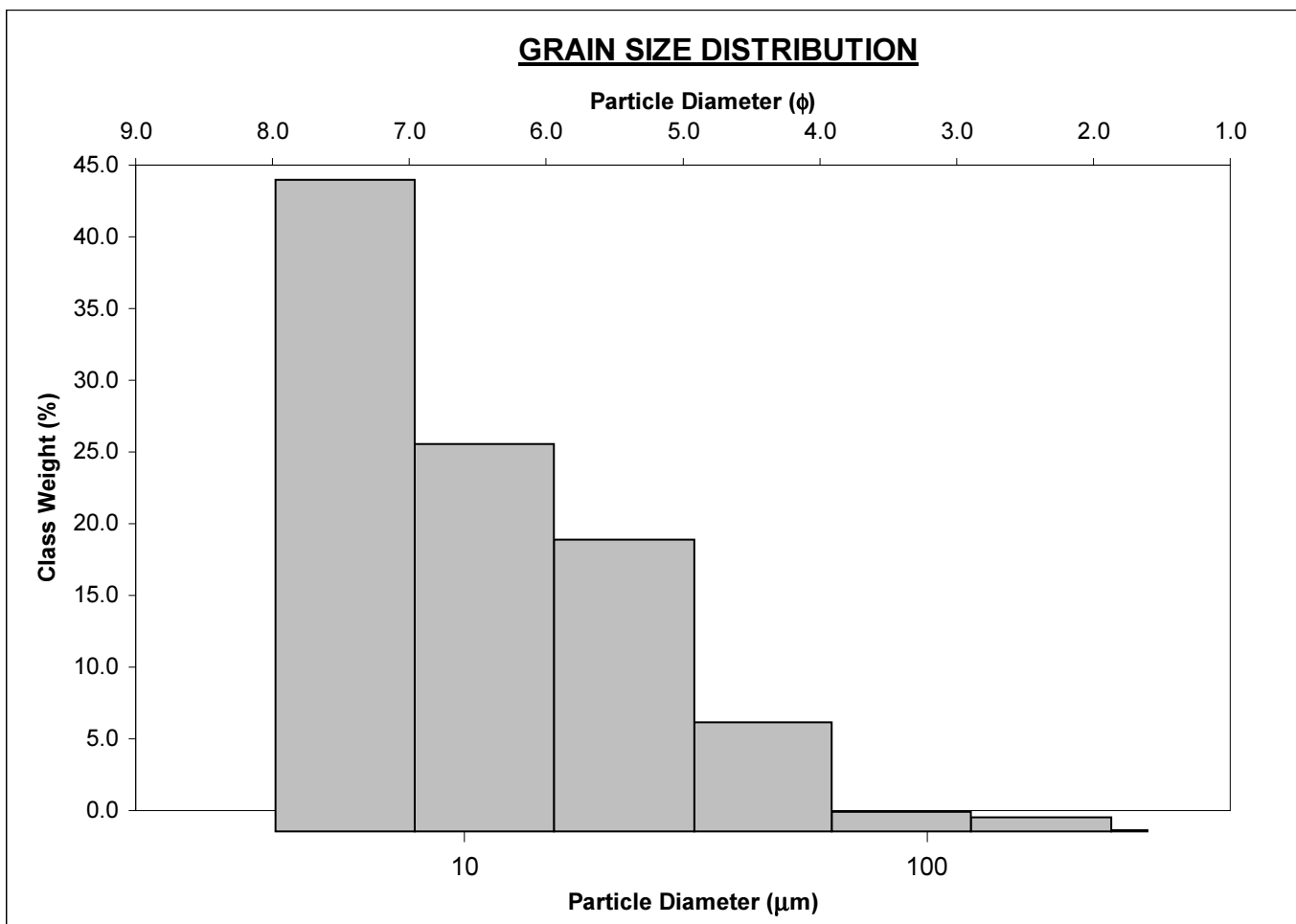
ANALYST & DATE: 8, 3/15/2010

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:			SAND: 2.3%	MEDIUM SAND: 0.0%		
MODE 3:			MUD: 97.7%	FINE SAND: 1.0%		
D <sub>10</sub> :	4.563	5.015	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 7.4%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	9.097	6.780	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 19.8%		
D <sub>90</sub> :	30.93	7.776	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 26.3%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	6.779	1.551	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 44.1%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	26.37	2.761	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	3.169	1.288	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	12.52	1.664				
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	16.84	10.91	6.519	10.46	6.579	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	22.41	2.144	1.100	2.164	1.114	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	5.152	1.044	-1.044	0.315	-0.315	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	37.54	3.752	3.752	0.867	0.867	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN3**

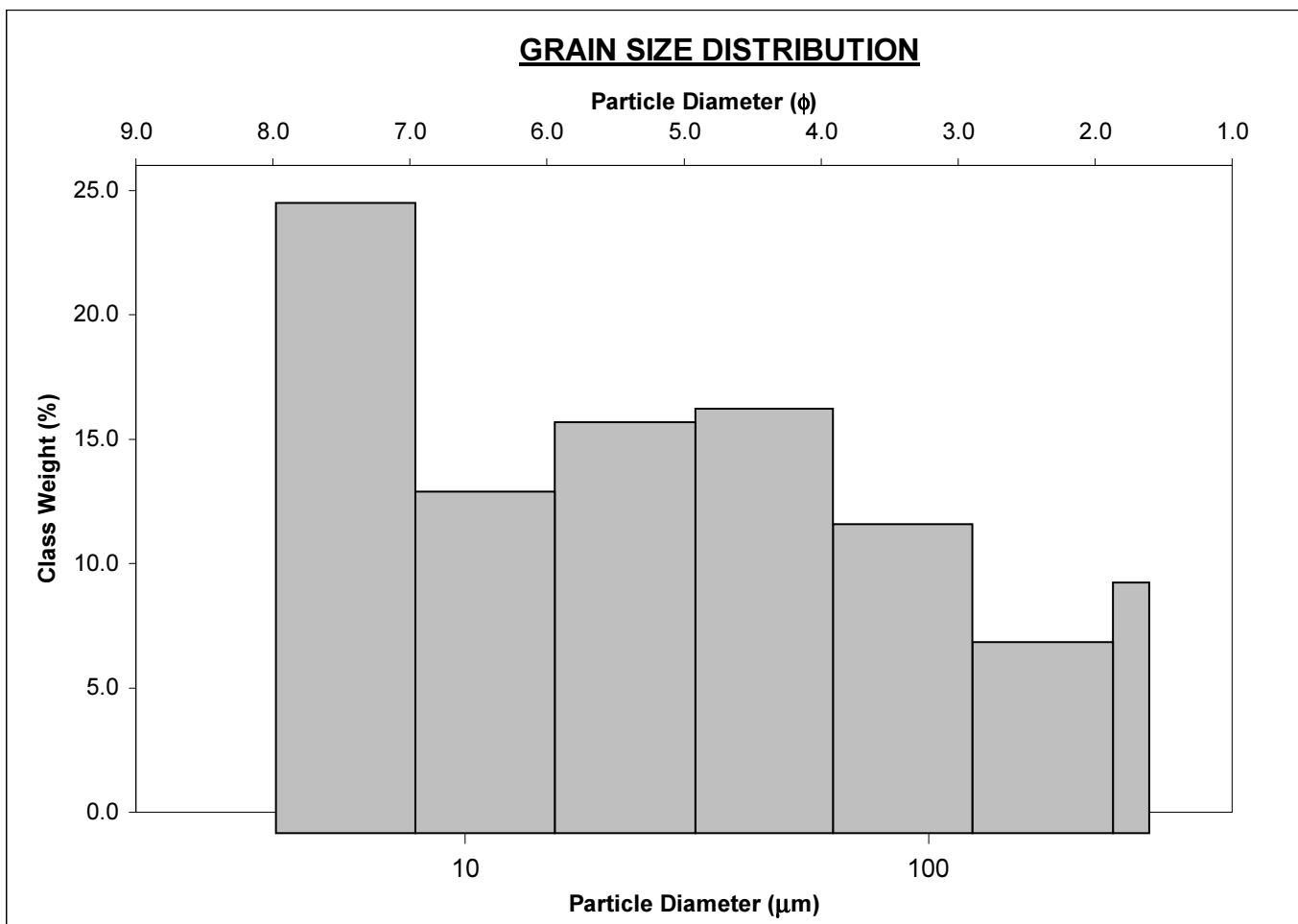
ANALYST & DATE: 4, 3/15/2010

SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Fine Silt

	μm		φ		GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
	μm	φ				
MODE 1:	5.850	7.502			GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%
MODE 2:	46.90	4.499			SAND: 23.9%	MEDIUM SAND: 2.9%
MODE 3:	275.0	1.868			MUD: 76.1%	FINE SAND: 8.0%
D <sub>10</sub> :	5.064	2.889				V FINE SAND: 13.0%
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	22.45	5.477	V COARSE GRAVEL: 0.0%		V COARSE SILT: 17.9%	
D <sub>90</sub> :	135.0	7.625	COARSE GRAVEL: 0.0%		COARSE SILT: 17.3%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	26.66	2.640	MEDIUM GRAVEL: 0.0%		MEDIUM SILT: 14.4%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	130.0	4.737	FINE GRAVEL: 0.0%		FINE SILT: 26.5%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	7.985	1.738	V FINE GRAVEL: 0.0%		V FINE SILT: 0.1%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	52.34	2.997	V COARSE SAND: 0.0%		CLAY: 0.0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	φ	μm	φ	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	50.51	23.68	5.390	23.30	5.423	Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	63.42	3.324	1.735	3.585	1.842	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1.939	0.278	-0.308	0.099	-0.099	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	6.216	1.954	1.982	0.759	0.759	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN4**

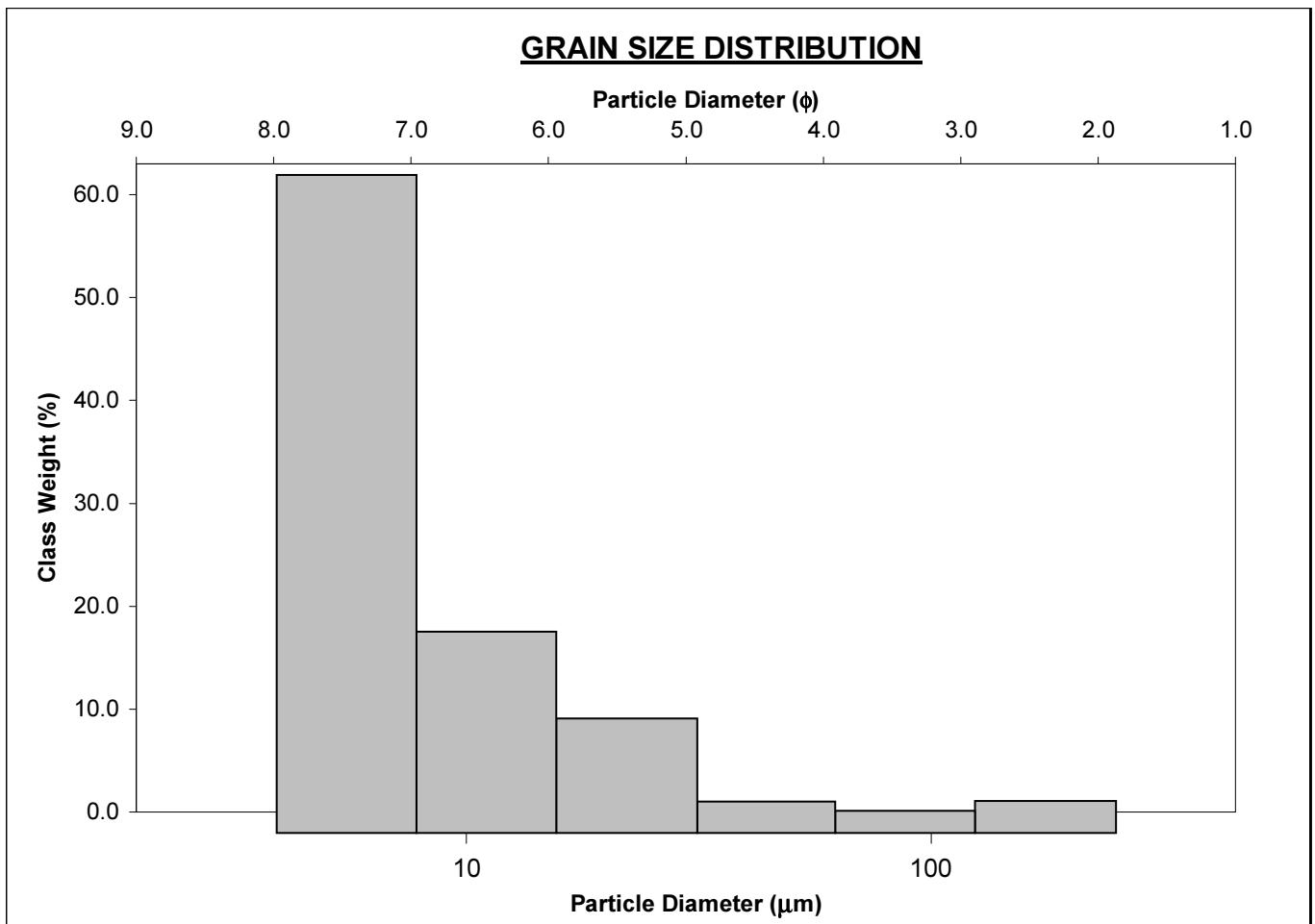
ANALYST & DATE: 6, 3/15/2010

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:			SAND: 5.1%	MEDIUM SAND: 0.0%		
MODE 3:			MUD: 94.9%	FINE SAND: 3.0%		
D <sub>10</sub> :	4.360	5.184		V FINE SAND: 2.1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	6.808	7.198	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 3.0%		
D <sub>90</sub> :	27.52	7.842	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 10.8%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	6.311	1.513	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 19.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	23.16	2.658	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 62.1%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.415	1.201	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	7.292	1.272	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	17.35	9.132	6.775	8.403	6.895	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	33.35	2.299	1.201	2.144	1.100	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	4.253	1.970	-1.970	0.544	-0.544	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	21.06	6.579	6.579	1.275	1.275	Leptokurtic





### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN7**

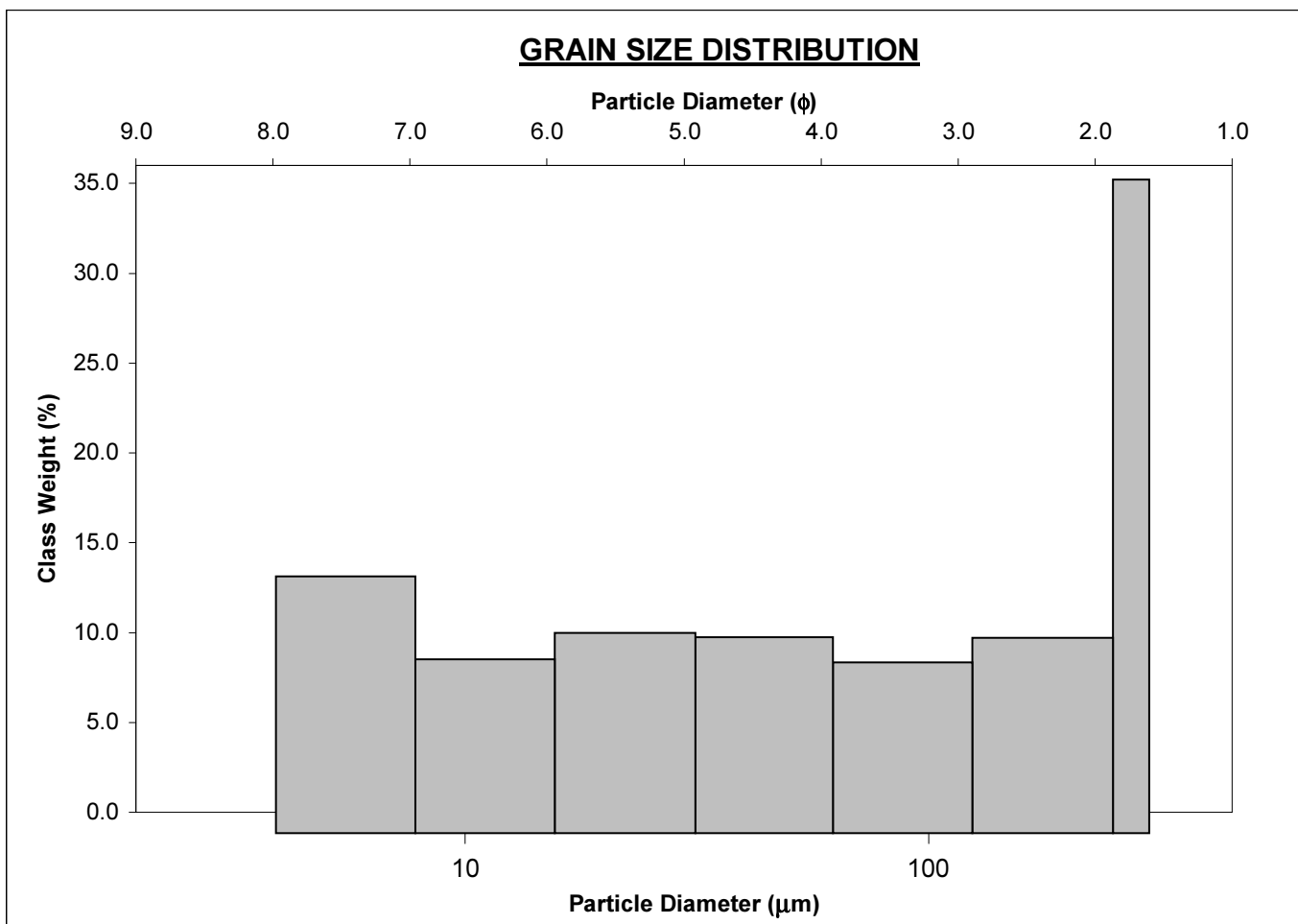
ANALYST & DATE: 11, 3/15/2010

SAMPLE TYPE: Trimodal, Very Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Fine Sandy Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	275.0	1.868	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:	5.850	7.502	SAND: 40.1%	MEDIUM SAND: 13.6%		
MODE 3:	23.45	5.500	MUD: 59.9%	FINE SAND: 14.2%		
D <sub>10</sub> :	5.662	1.924		V FINE SAND: 12.4%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	38.63	4.694	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 14.2%		
D <sub>90</sub> :	263.6	7.464	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 14.5%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	46.56	3.881	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 12.6%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	257.9	5.541	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 18.6%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	12.88	2.315	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	132.0	3.687	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	84.94	36.26	4.668	39.33	4.668	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	93.09	4.102	2.021	4.406	2.140	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1.012	-0.120	-0.057	-0.006	0.006	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	2.554	1.917	1.802	0.657	0.657	Very Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN8**

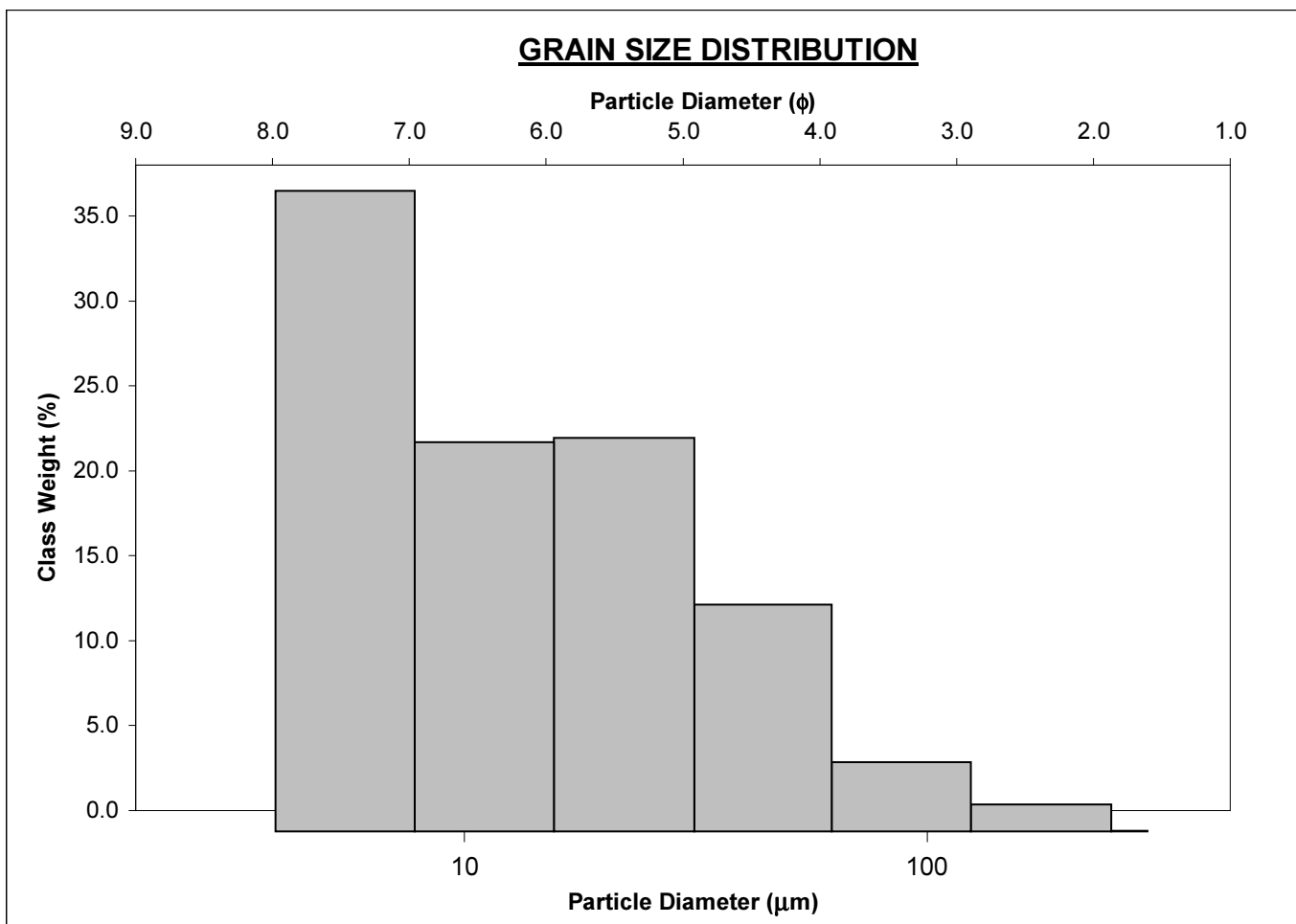
ANALYST & DATE: 9, 3/15/2010

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:	23.45	5.500	SAND: 5.5%	MEDIUM SAND: 0.0%		
MODE 3:			MUD: 94.5%	FINE SAND: 1.5%		
D <sub>10</sub> :	4.712	4.349		V FINE SAND: 3.9%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	11.80	6.405	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 13.0%		
D <sub>90</sub> :	49.06	7.730	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 22.5%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	10.41	1.777	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 22.3%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	44.35	3.380	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 36.6%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4.084	1.384	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	19.29	2.030	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	22.70	13.57	6.203	13.04	6.261	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	28.72	2.419	1.275	2.449	1.292	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	3.526	0.709	-0.709	0.212	-0.212	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	18.66	2.725	2.725	0.805	0.805	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN9**

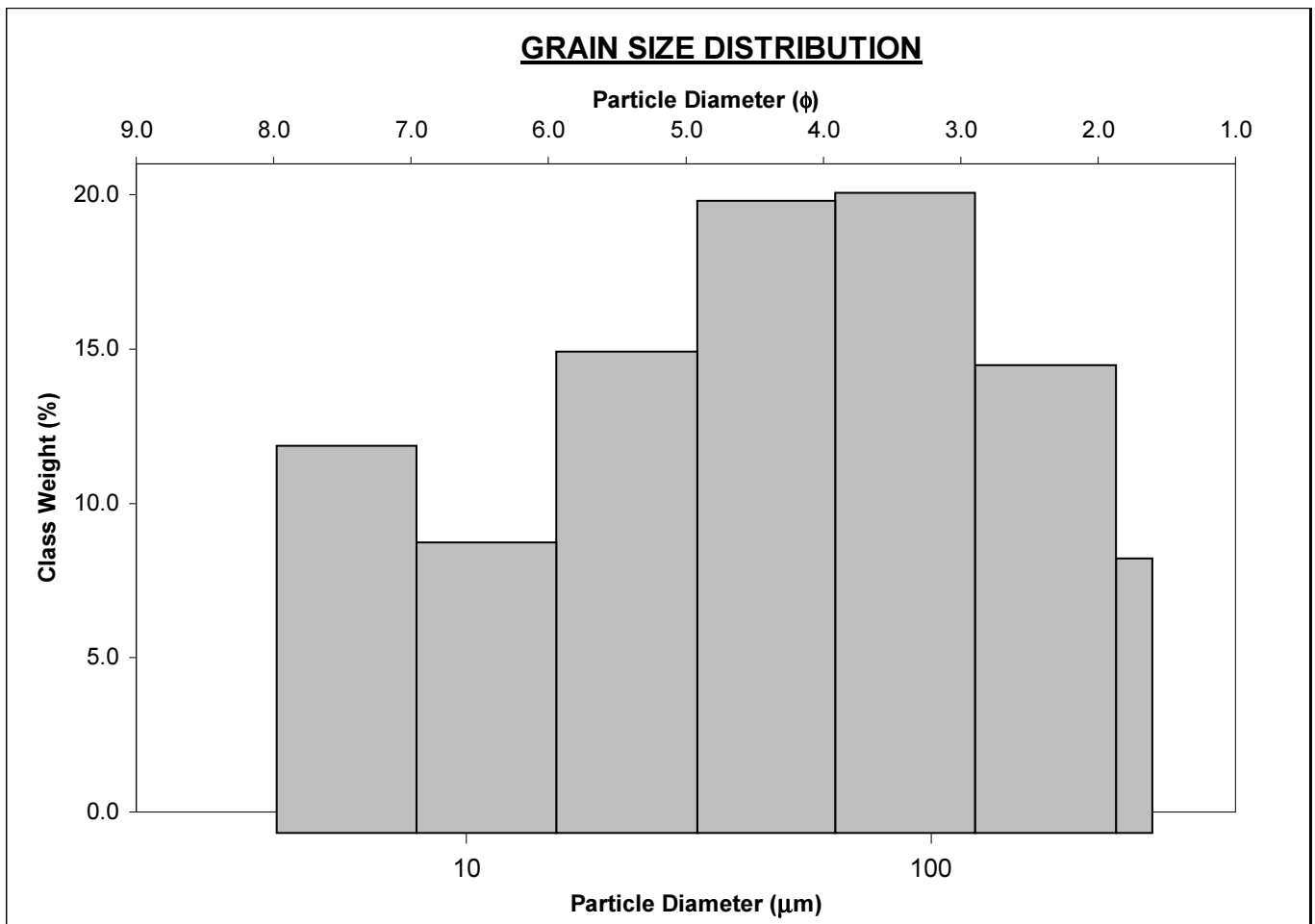
ANALYST & DATE: 3, 3/15/2010

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Very Coarse Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	93.75	3.500	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:	5.850	7.502	SAND: 39.7%	MEDIUM SAND: 2.4%		
MODE 3:			MUD: 60.3%	FINE SAND: 15.7%		
D <sub>10</sub> :	6.642	2.481		V FINE SAND: 21.5%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	44.69	4.484	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 21.3%		
D <sub>90</sub> :	179.1	7.234	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 16.2%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	26.97	2.916	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 9.8%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	172.5	4.753	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 13.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	5.853	1.768	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	83.19	2.549	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	72.06	39.69	4.655	38.98	4.681	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	68.16	3.135	1.648	3.447	1.785	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1.156	-0.287	0.287	-0.152	0.152	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3.430	2.034	2.034	0.877	0.877	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN10**

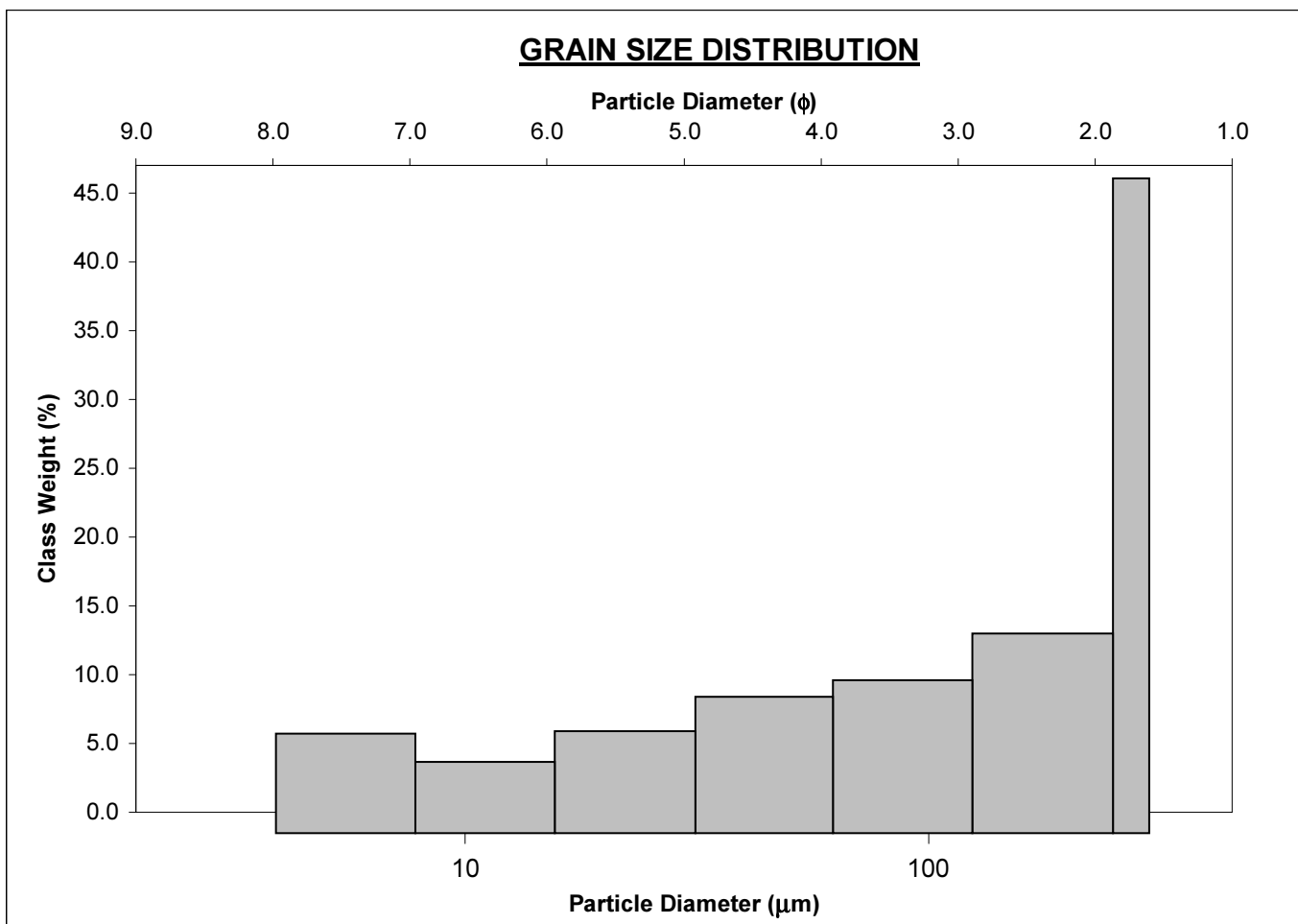
ANALYST & DATE: 10, 3/15/2010

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Muddy Sand

SEDIMENT NAME: Very Coarse Silty Fine Sand

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	275.0	1.868	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:	5.850	7.502	SAND: 57.0%	MEDIUM SAND: 19.9%		
MODE 3:			MUD: 43.0%	FINE SAND: 21.0%		
D <sub>10</sub> :	7.592	1.857		V FINE SAND: 16.1%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	84.42	3.566	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 14.3%		
D <sub>90</sub> :	276.0	7.041	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 10.7%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	36.36	3.792	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 7.5%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	268.4	5.184	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 10.4%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	8.564	2.380	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	186.4	3.098	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	115.2	58.15	3.935	65.94	3.923	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	98.29	3.971	1.906	3.858	1.948	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0.469	-0.751	0.457	-0.313	0.313	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1.731	2.733	2.205	0.759	0.759	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN12**

ANALYST &amp; DATE: 1, 3/15/2010

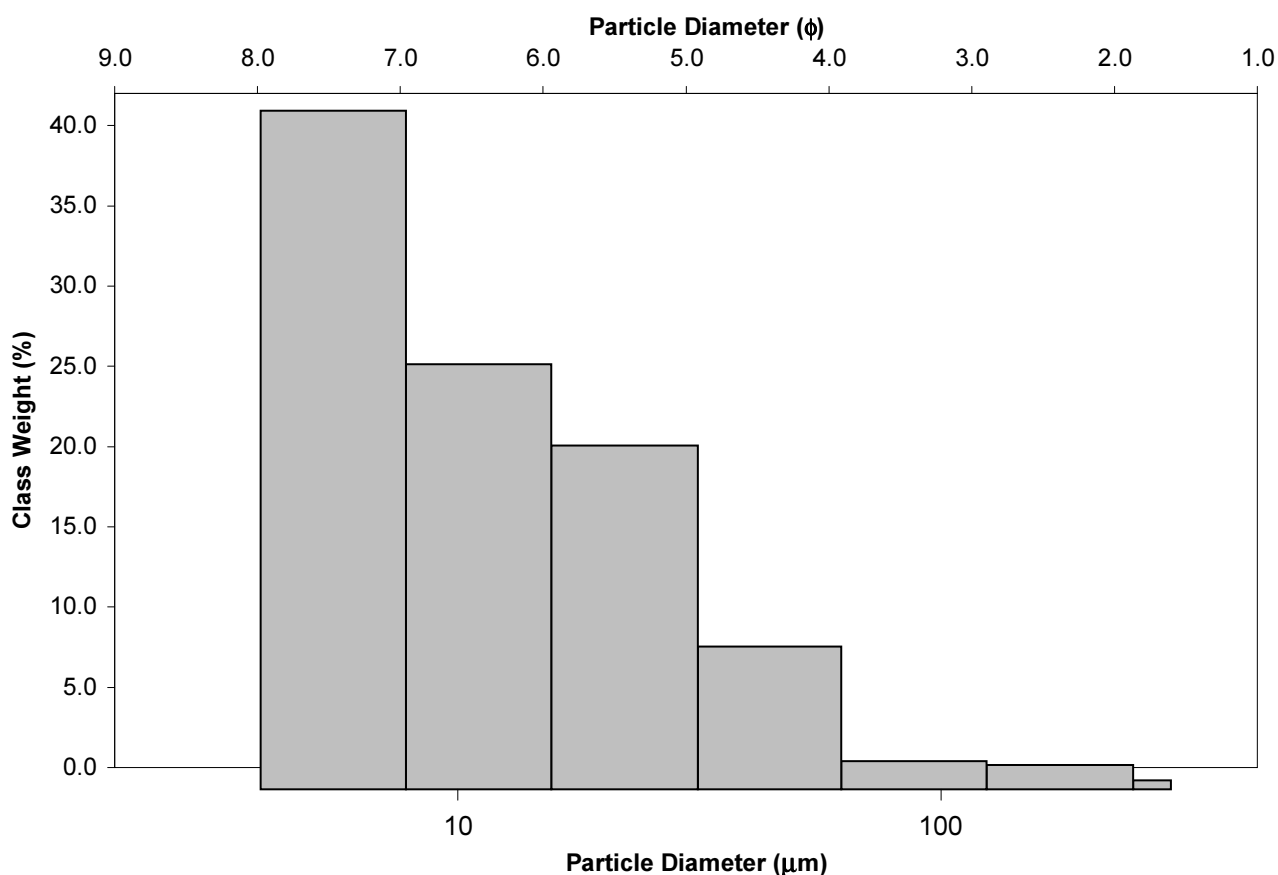
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Fine Silt

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%		
MODE 2:			SAND: 3.3%	MEDIUM SAND: 0.1%		
MODE 3:			MUD: 96.7%	FINE SAND: 1.5%		
D <sub>10</sub> :	4.614	4.774		V FINE SAND: 1.7%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	9.867	6.663	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 8.7%		
D <sub>90</sub> :	36.56	7.760	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 20.9%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	7.924	1.626	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 25.8%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	31.94	2.986	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 41.2%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	3.418	1.315	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	14.36	1.773	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	19.15	11.72	6.415	11.13	6.490	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	27.65	2.259	1.175	2.241	1.164	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	4.837	1.033	-1.033	0.277	-0.277	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	31.73	3.767	3.767	0.852	0.852	Platykurtic

### GRAIN SIZE DISTRIBUTION



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN13**

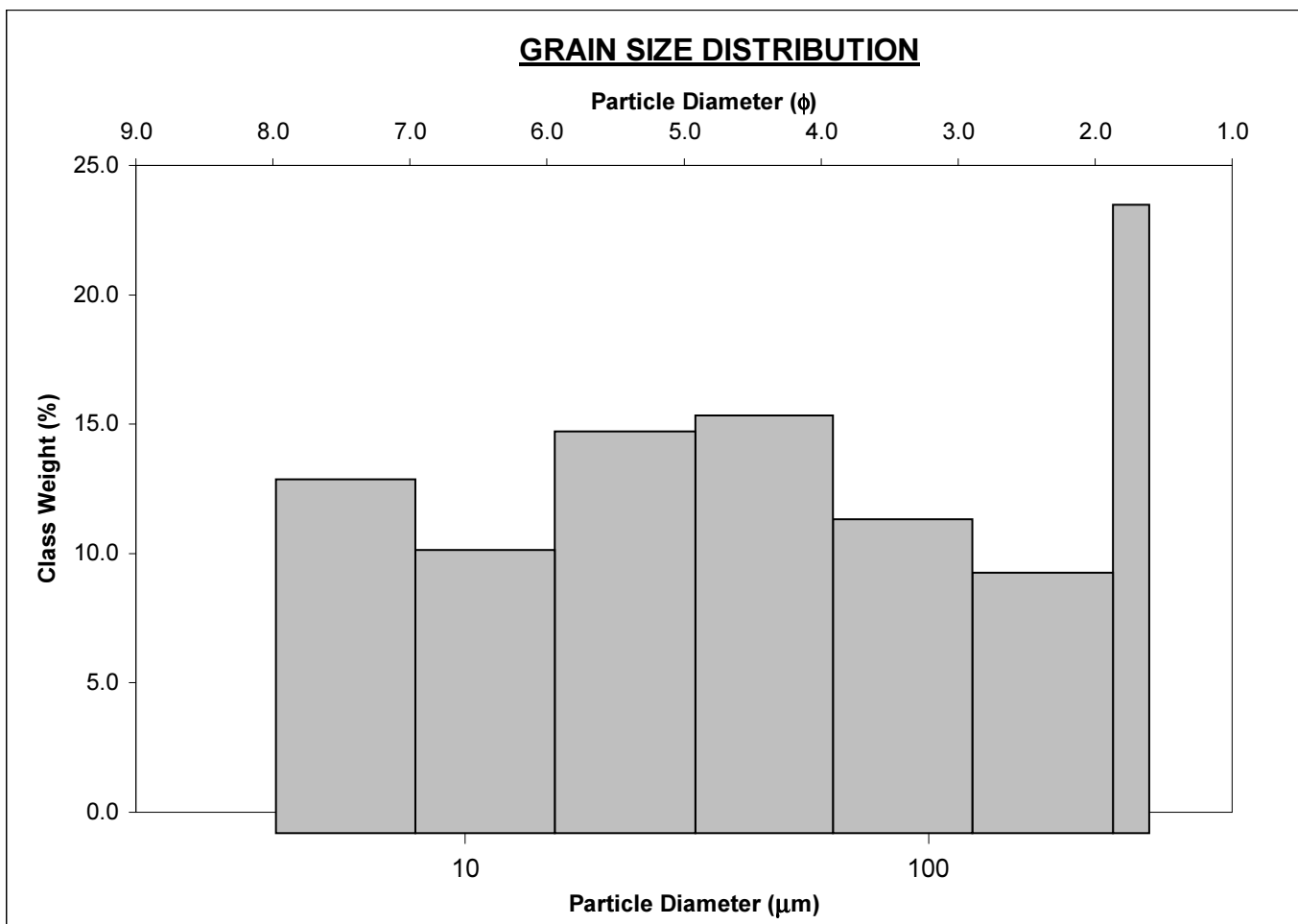
ANALYST & DATE: 5, 3/15/2010

SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Very Coarse Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	275.0	1.868	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:	46.90	4.499	SAND: 34.0%	MEDIUM SAND: 8.1%		
MODE 3:	5.850	7.502	MUD: 66.0%	FINE SAND: 11.8%		
D <sub>10</sub> :	6.011	2.164		V FINE SAND: 14.2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	34.82	4.844	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 18.9%		
D <sub>90</sub> :	223.2	7.378	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 18.2%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	37.12	3.410	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 12.8%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	217.1	5.214	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 16.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	7.665	1.874	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	84.50	2.938	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	71.52	34.01	4.819	34.90	4.840	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	80.42	3.526	1.814	3.893	1.961	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1.379	-0.044	-0.104	0.010	-0.010	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	3.716	2.096	2.039	0.809	0.809	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN14**

ANALYST &amp; DATE: 2, 3/15/2010

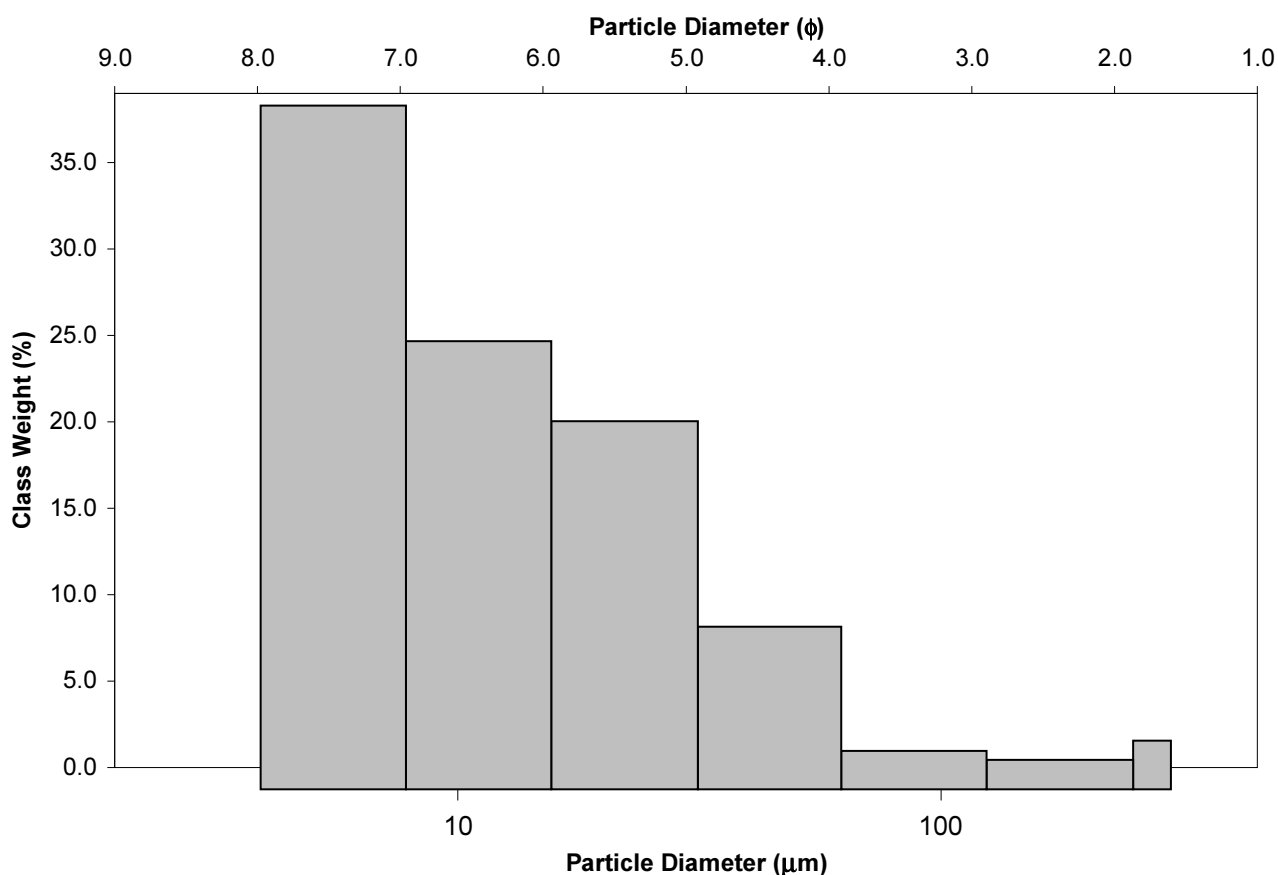
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Fine Silt

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%		
MODE 2:			SAND: 4.6%	MEDIUM SAND: 0.7%		
MODE 3:			MUD: 95.4%	FINE SAND: 1.7%		
D <sub>10</sub> :	4.654	4.583		V FINE SAND: 2.2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	10.43	6.583	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 9.3%		
D <sub>90</sub> :	41.72	7.747	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 21.1%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	8.964	1.690	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 25.7%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	37.06	3.164	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 39.2%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	3.581	1.333	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	15.65	1.840	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	21.80	12.43	6.330	11.63	6.426	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	34.95	2.382	1.252	2.304	1.204	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	4.725	1.087	-1.087	0.257	-0.257	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	28.92	3.966	3.966	0.853	0.853	Platykurtic

### GRAIN SIZE DISTRIBUTION



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN15**

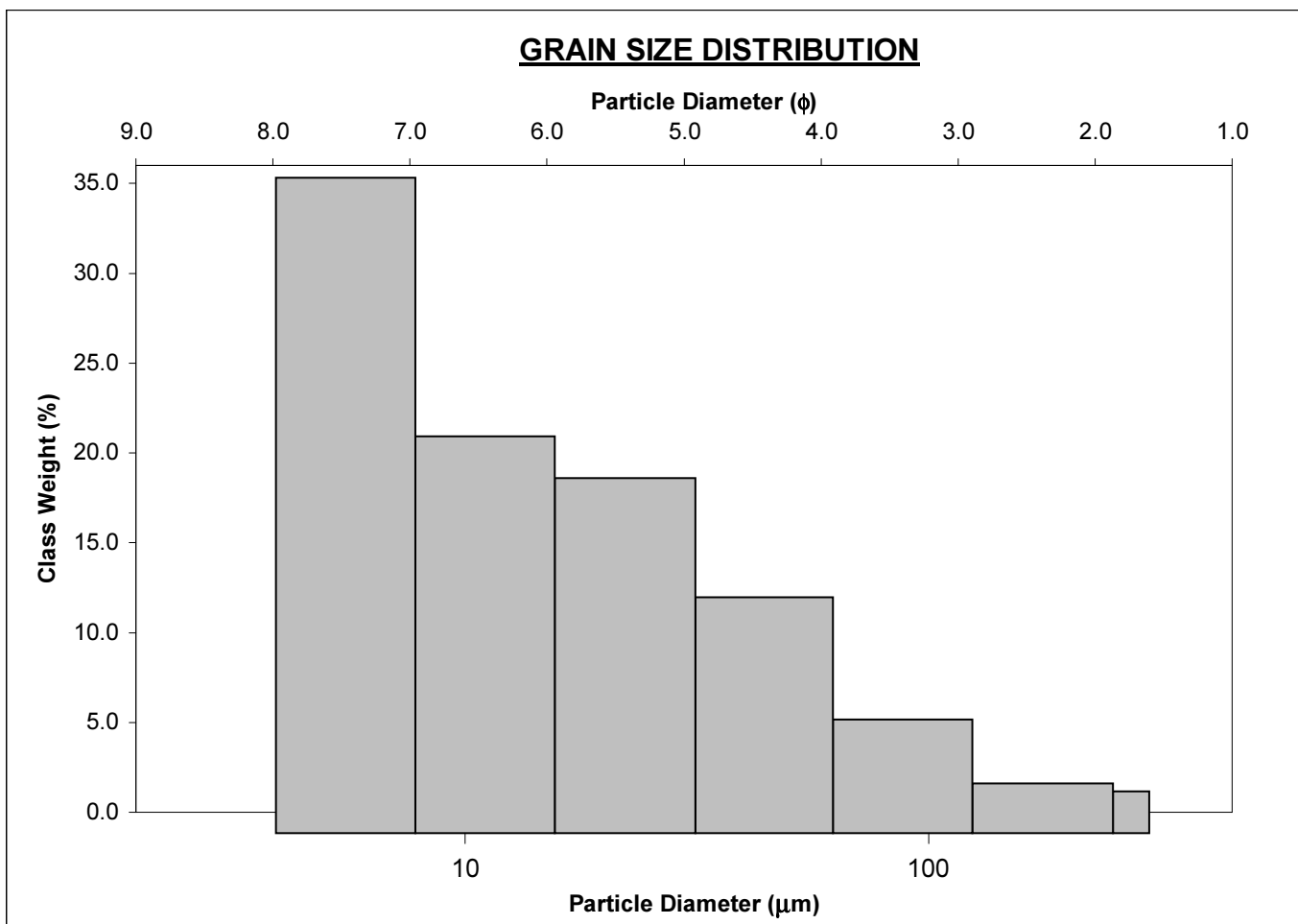
ANALYST & DATE: 13, 3/25/2010

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:			SAND: 9.6%	MEDIUM SAND: 0.6%		
MODE 3:			MUD: 90.4%	FINE SAND: 2.7%		
D <sub>10</sub> :	4.727	4.033		V FINE SAND: 6.2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	12.15	6.363	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 13.0%		
D <sub>90</sub> :	61.08	7.725	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 19.5%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	12.92	1.915	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 21.8%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	56.35	3.692	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 36.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4.541	1.426	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	22.34	2.183	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	27.94	14.74	6.082	14.19	6.139	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	40.21	2.686	1.427	2.756	1.462	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	3.315	0.787	-0.800	0.284	-0.284	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	15.84	2.795	2.833	0.863	0.863	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN16**

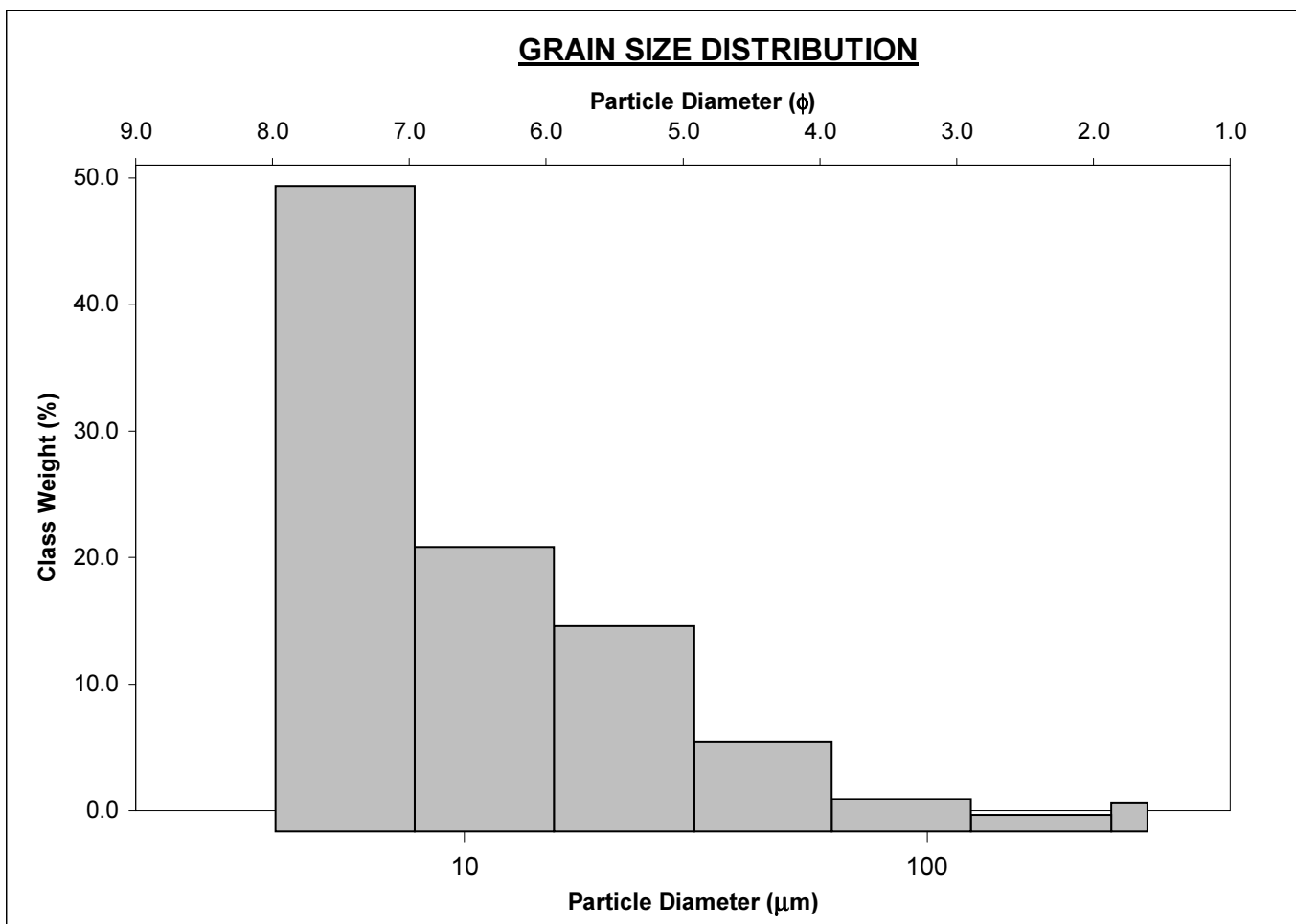
ANALYST & DATE: 15, 3/25/2010

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:			SAND: 4.4%	MEDIUM SAND: 0.6%		
MODE 3:			MUD: 95.6%	FINE SAND: 1.3%		
D <sub>10</sub> :	4.475	4.799		V FINE SAND: 2.5%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	7.759	7.010	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 7.0%		
D <sub>90</sub> :	35.92	7.804	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 16.0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	8.026	1.626	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 22.1%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	31.44	3.005	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 50.3%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	3.155	1.283	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	11.85	1.658	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	18.94	10.65	6.549	9.887	6.660	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	32.26	2.340	1.232	2.264	1.179	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	5.032	1.361	-1.404	0.485	-0.485	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	33.12	4.569	4.772	0.945	0.945	Mesokurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN17**

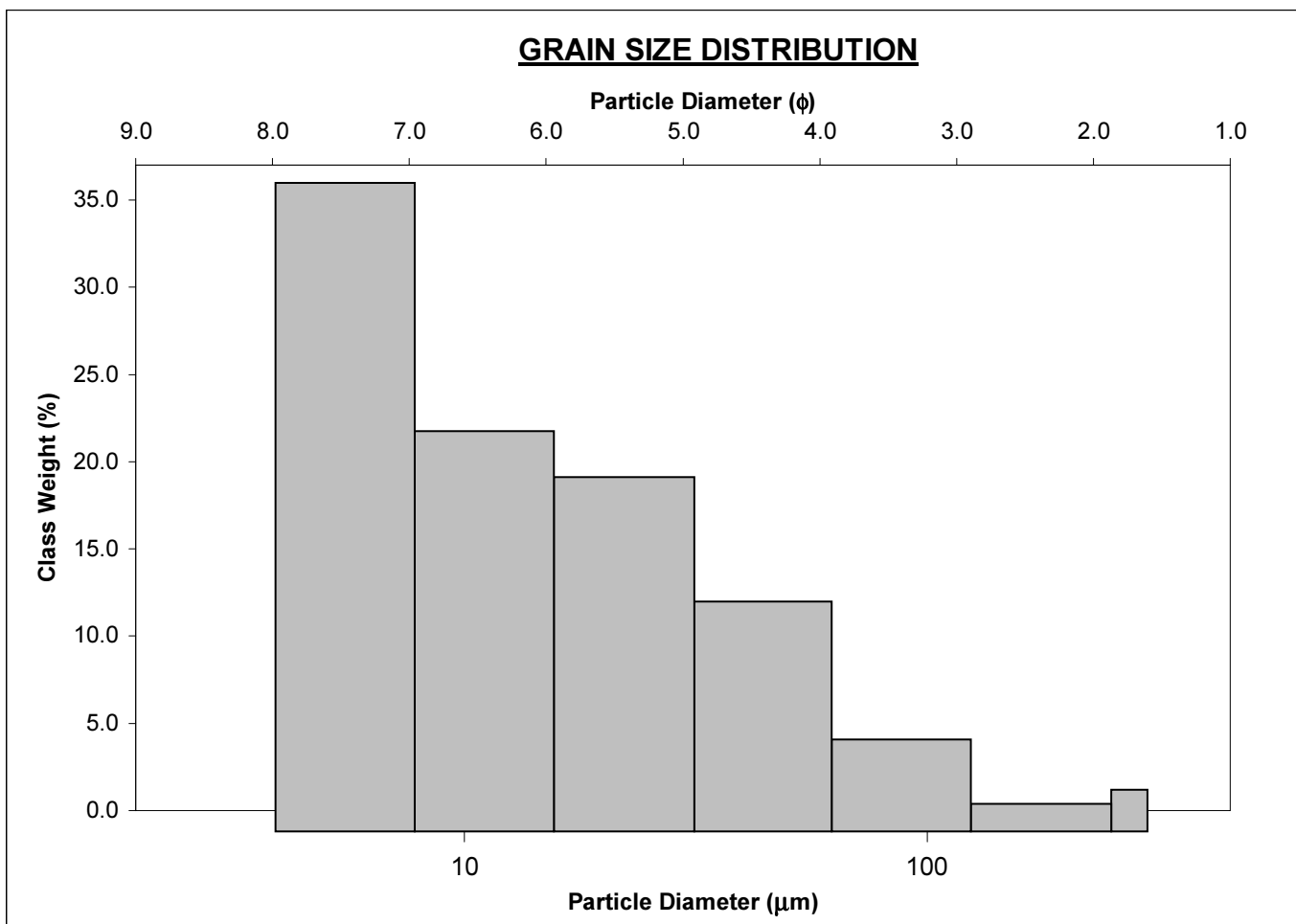
ANALYST & DATE: 17, 3/25/2010

SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Mud

SEDIMENT NAME: Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:			SAND: 7.4%	MEDIUM SAND: 0.7%		
MODE 3:			MUD: 92.6%	FINE SAND: 1.5%		
D <sub>10</sub> :	4.710	4.197	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 13.0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	11.70	6.417	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 20.1%		
D <sub>90</sub> :	54.54	7.730	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 22.7%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	11.58	1.842	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 36.7%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	49.83	3.533	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4.276	1.401	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	20.48	2.096				
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	25.08	13.95	6.156	13.47	6.214	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	35.72	2.557	1.361	2.610	1.384	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	3.892	0.786	-0.848	0.270	-0.270	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	22.17	2.936	3.145	0.847	0.847	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN18**

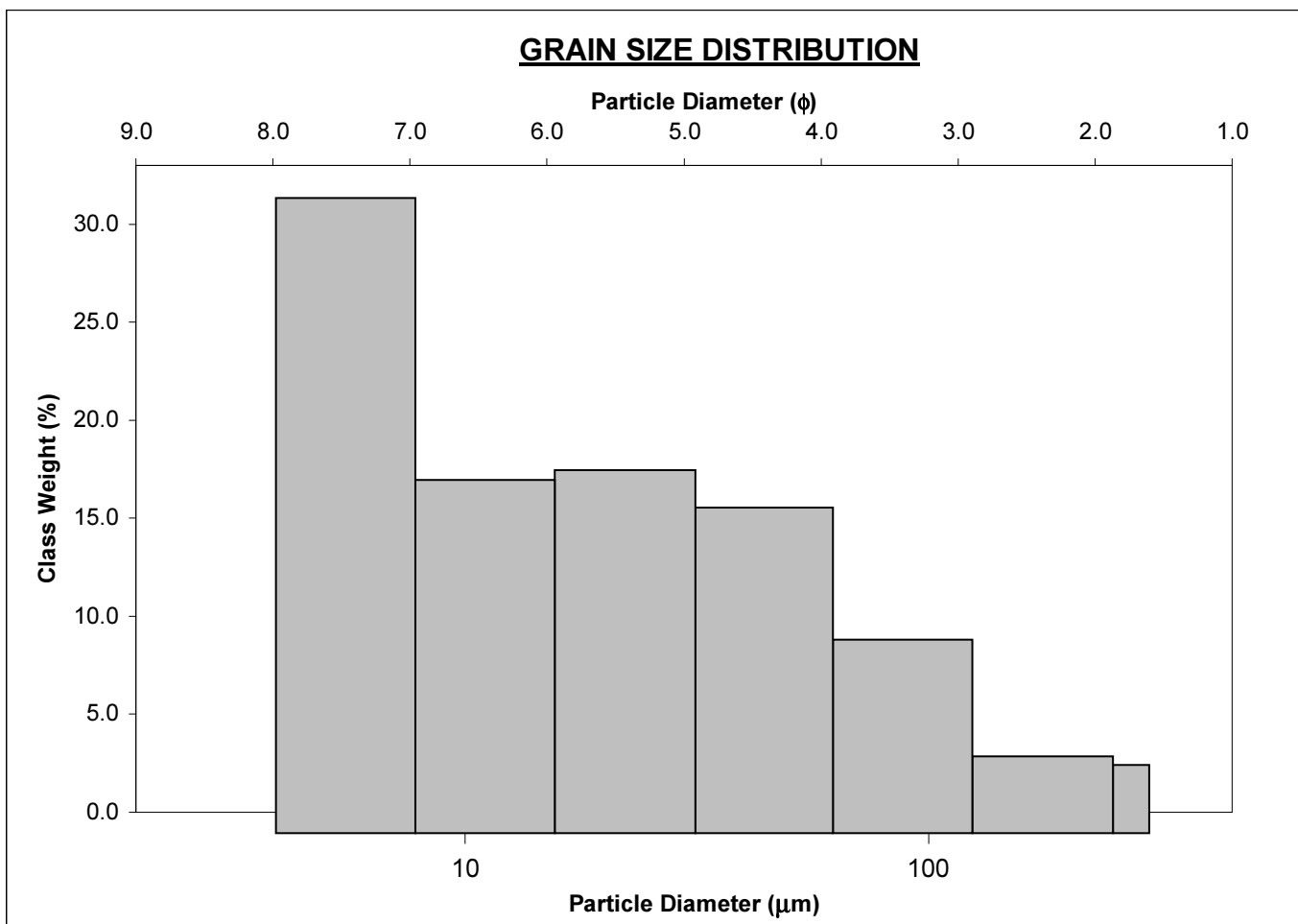
ANALYST & DATE: 16, 3/25/2010

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Fine Silt

	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:	23.45	5.500	SAND: 14.7%	MEDIUM SAND: 1.0%		
MODE 3:			MUD: 85.3%	FINE SAND: 3.9%		
D <sub>10</sub> :	4.833	3.526		V FINE SAND: 9.8%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	15.44	6.018	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 16.6%		
D <sub>90</sub> :	86.79	7.693	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 18.5%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	17.96	2.182	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 18.0%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	81.95	4.166	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 32.3%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	6.079	1.563	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	33.86	2.604	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	35.08	17.73	5.814	17.11	5.869	Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	46.76	2.934	1.555	3.007	1.588	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	2.666	0.522	-0.540	0.186	-0.186	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	11.00	2.238	2.279	0.760	0.760	Platykurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN19**

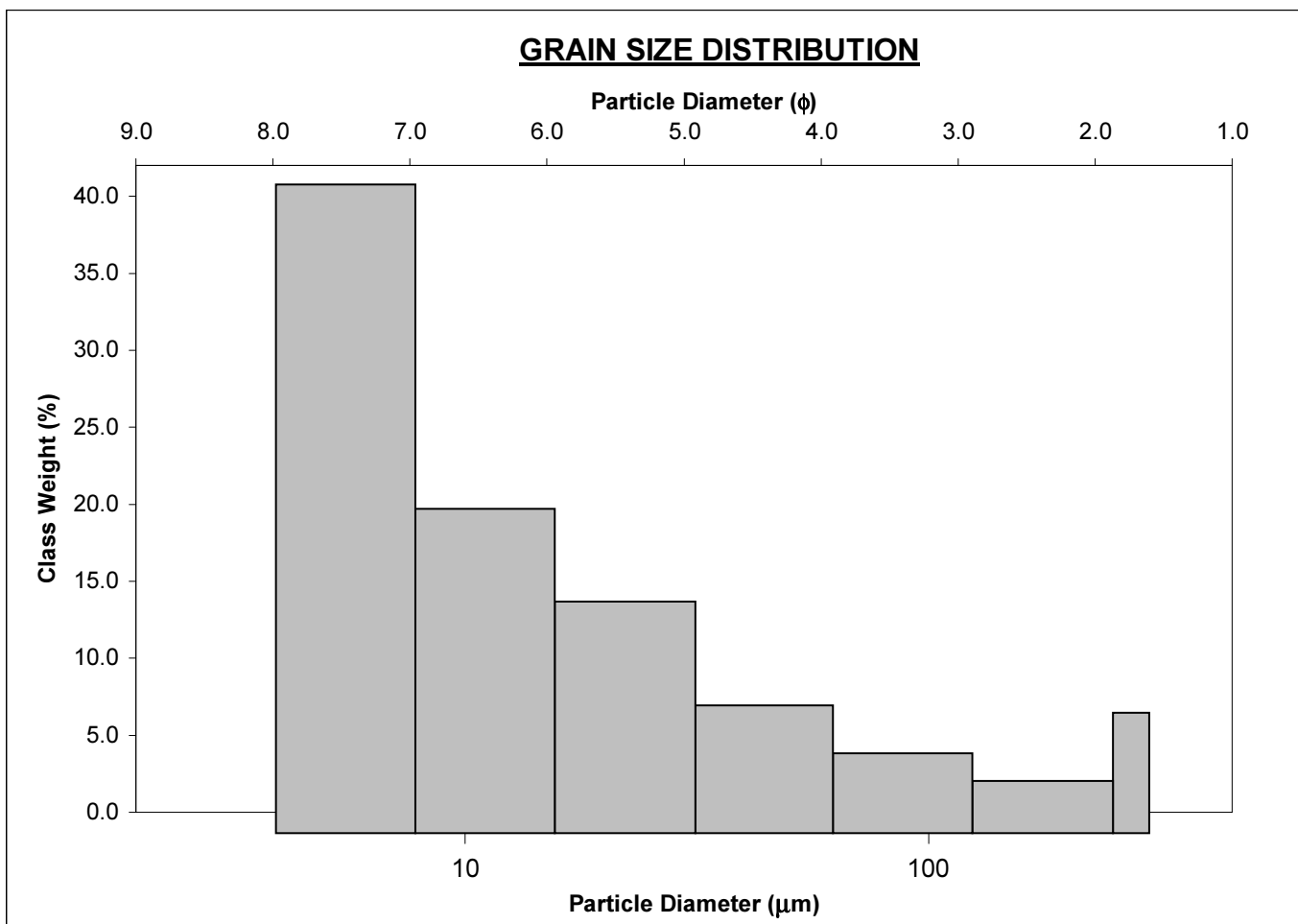
ANALYST & DATE: 14, 10/25/2010

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:	275.0	1.868	SAND: 11.1%	MEDIUM SAND: 2.3%		
MODE 3:			MUD: 88.9%	FINE SAND: 3.4%		
D <sub>10</sub> :	4.577	3.797		V FINE SAND: 5.3%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	9.673	6.692	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 8.5%		
D <sub>90</sub> :	71.96	7.771	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 15.4%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	15.72	2.047	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 21.6%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	67.39	3.975	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 43.2%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4.217	1.388	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	18.72	2.076	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	29.92	13.40	6.200	12.69	6.301	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	51.90	2.901	1.554	2.904	1.538	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	3.234	1.117	-1.209	0.458	-0.458	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	13.56	3.497	3.765	1.009	1.009	Mesokurtic



### SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **BEN21**

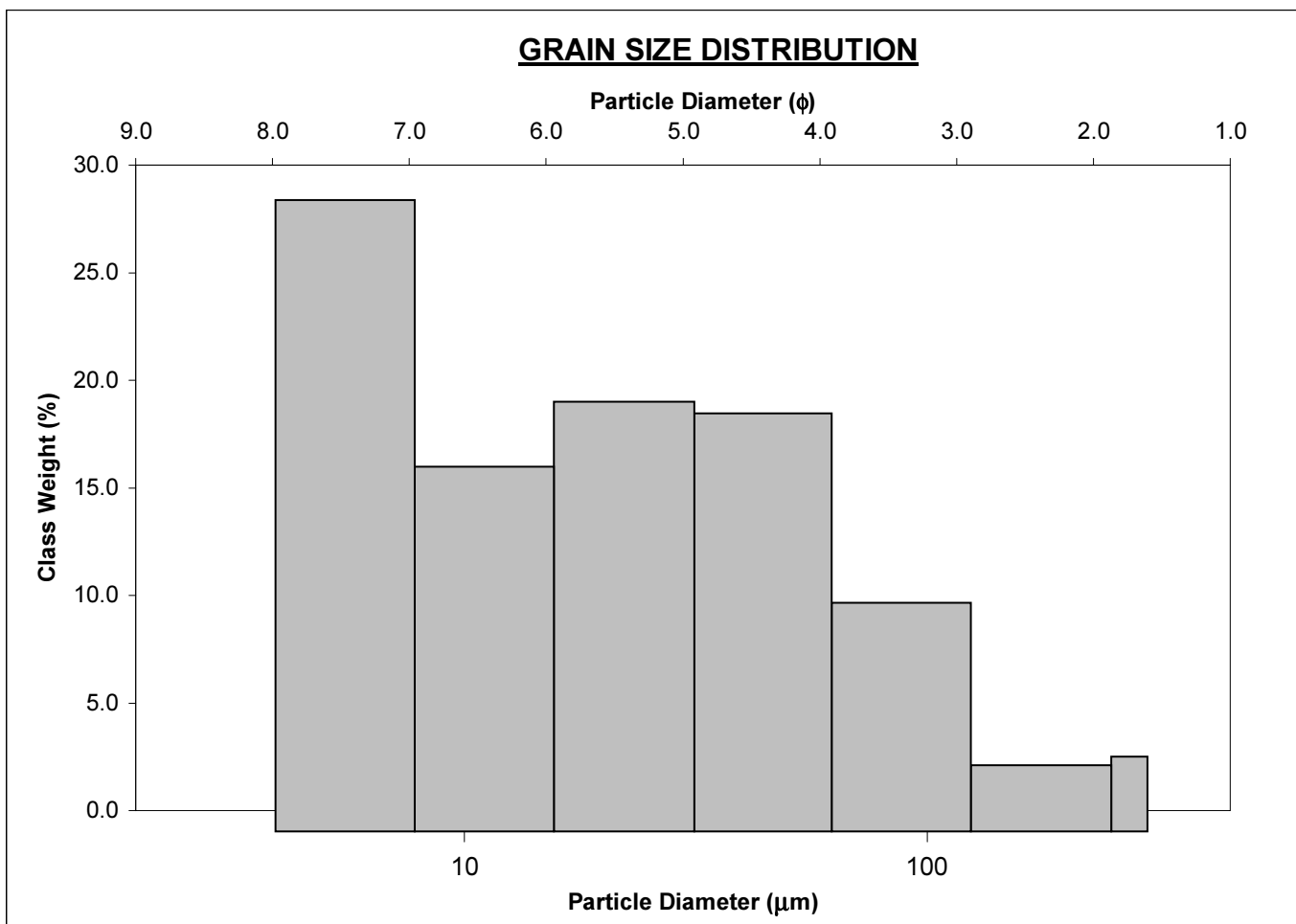
ANALYST & DATE: 12, 3/25/2010

SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted

TEXTURAL GROUP: Sandy Mud

SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Fine Silt

	$\mu\text{m}$ $\phi$		GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	5.850	7.502	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.0%	
MODE 2:	23.45	5.500	SAND: 14.6%	MEDIUM SAND: 1.0%		
MODE 3:			MUD: 85.4%	FINE SAND: 3.1%		
D <sub>10</sub> :	4.943	3.564		V FINE SAND: 10.6%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	17.85	5.808	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 19.3%		
D <sub>90</sub> :	84.56	7.660	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 19.9%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	17.11	2.149	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 16.9%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	79.62	4.097	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 29.2%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	6.105	1.575	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.1%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	36.00	2.610	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	35.52	18.84	5.721	18.22	5.778	Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	44.58	2.872	1.526	2.957	1.564	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	2.726	0.371	-0.417	0.086	-0.086	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	11.99	2.165	2.255	0.744	0.744	Platykurtic



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN1  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\I  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 8

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 12:16  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 12:16  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

#### System Details

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 23.1 %

Residual: 0.146 %

Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 7.42 um

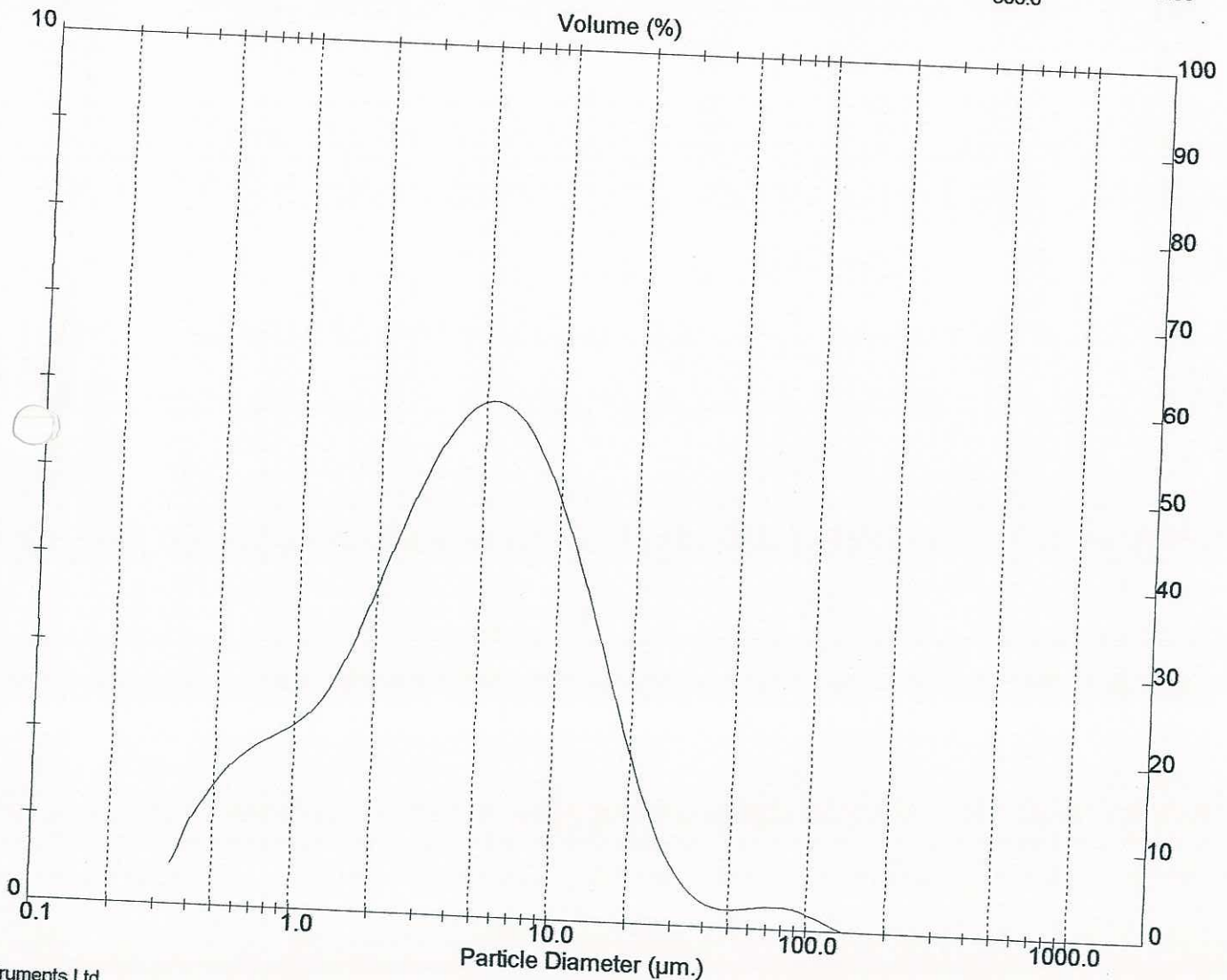
Concentration = 0.0119 %Vol  
 D (v, 0.1) = 0.94 um  
 D [3, 2] = 2.42 um

#### Result Statistics

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 4.56 um  
 Span = 3.160E+00

Specific S.A. = 0.9351 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 15.33 um  
 Uniformity = 1.141E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80		31.30		125.0	
3.90	44.17	15.60	19.89	62.50	1.29	250.0	0.02
7.80	26.28	31.30	7.40	125.0	0.95	300.0	0.00



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN3  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 4

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 11:31  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 11:31  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 11.4 %

Residual: 0.195 %

Result Statistics

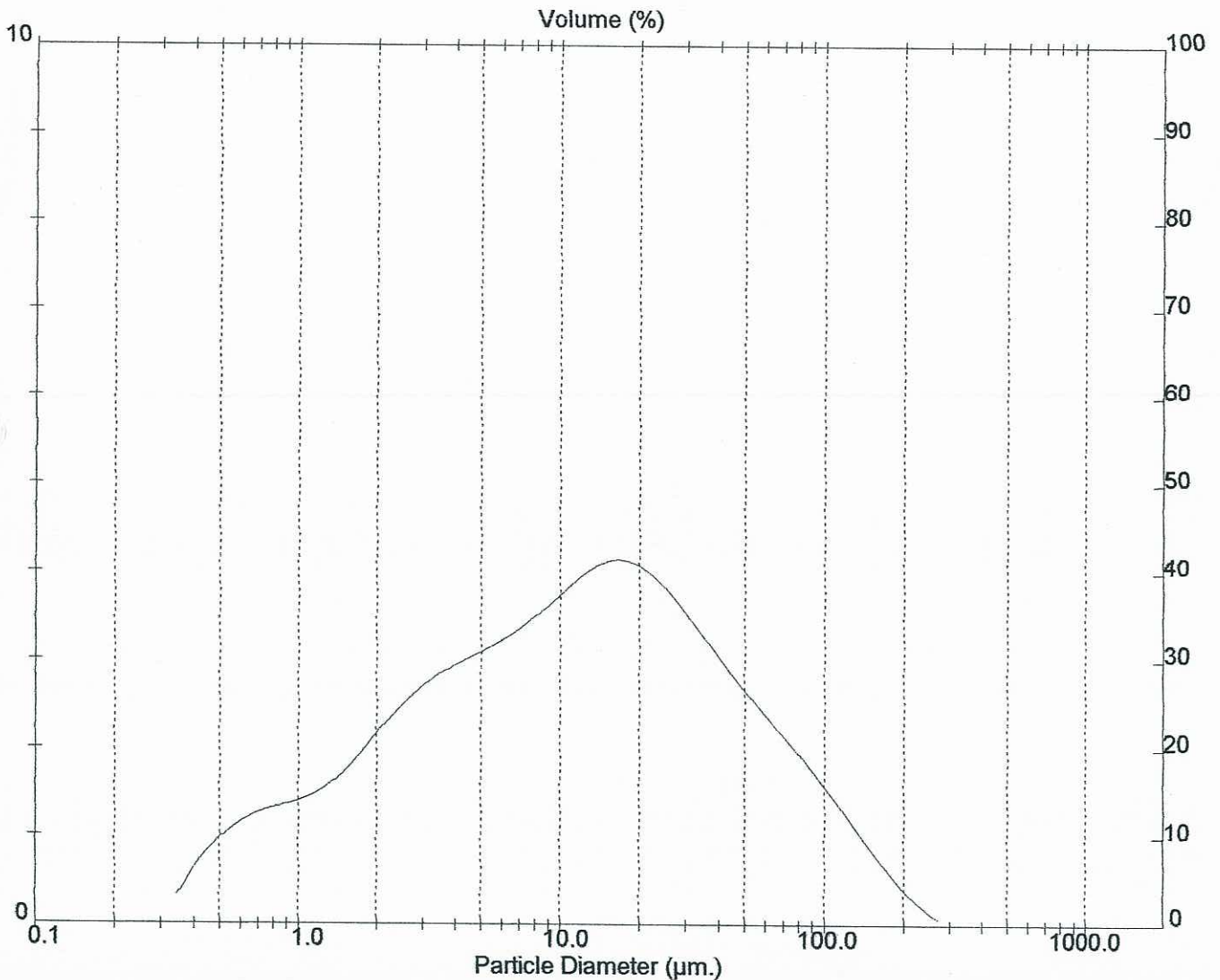
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 24.77 um

Concentration = 0.0085 %Vol  
 D (v, 0.1) = 1.30 um  
 D [3, 2] = 3.65 um

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 11.39 um  
 Span = 5.715E+00

Specific S.A. = 0.6203 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 66.41 um  
 Uniformity = 1.792E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80	17.38	31.30		125.0	
3.90	26.53	15.60	17.83	62.50	12.98	250.0	2.77
7.80	14.37	31.30		125.0	8.02	300.0	0.10



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN4  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 6

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 11:54  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 11:54  
 Result Source: Analysed

#### System Details

Sampler: MS1  
 Presentation: 40HD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 19.4 %  
 Residual: 0.514 %

#### Result Statistics

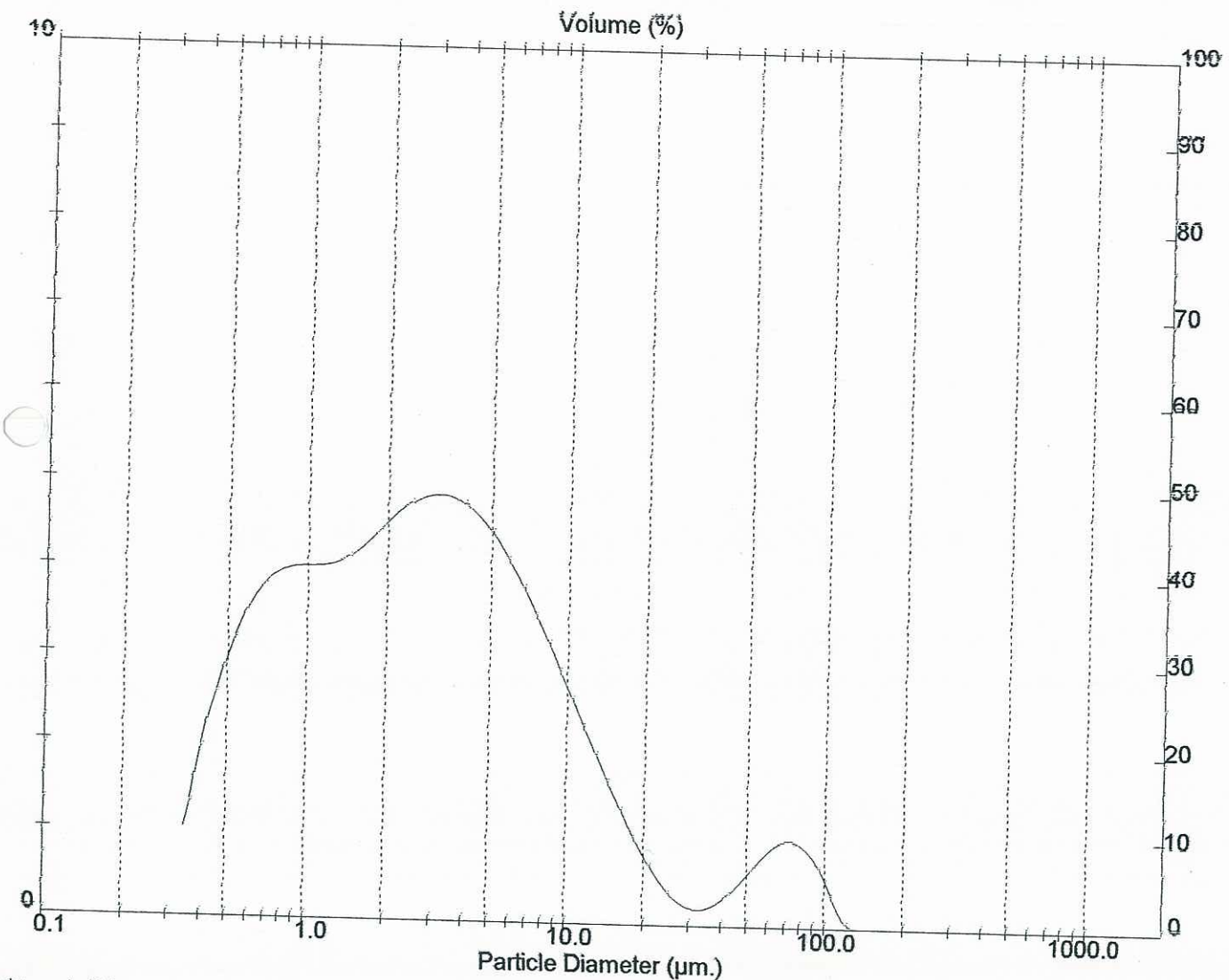
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 $\bar{D}[4, 3] = 7.30 \mu\text{m}$

Concentration = 0.0071 %Vol  
 $D(v, 0.1) = 0.61 \mu\text{m}$   
 $\bar{D}[3, 2] = 1.58 \mu\text{m}$

Density = 2.650 g / cub. cm  
 $D(v, 0.5) = 2.65 \mu\text{m}$   
 Span = 4.657E+00

Specific S.A. = 1.4365 sq. m / g  
 $D(v, 0.9) = 12.96 \mu\text{m}$   
 Uniformity = 2.286E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80		31.30		125.0	
3.90	62.20	15.60	10.81	62.50	2.05	250.0	0.00
7.80	18.99	31.30	2.93	125.0	3.02	300.0	0.00



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN6  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUIDATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 7

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 12:05  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 12:05  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 40HD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 27.1 %

Residual: 0.129 %

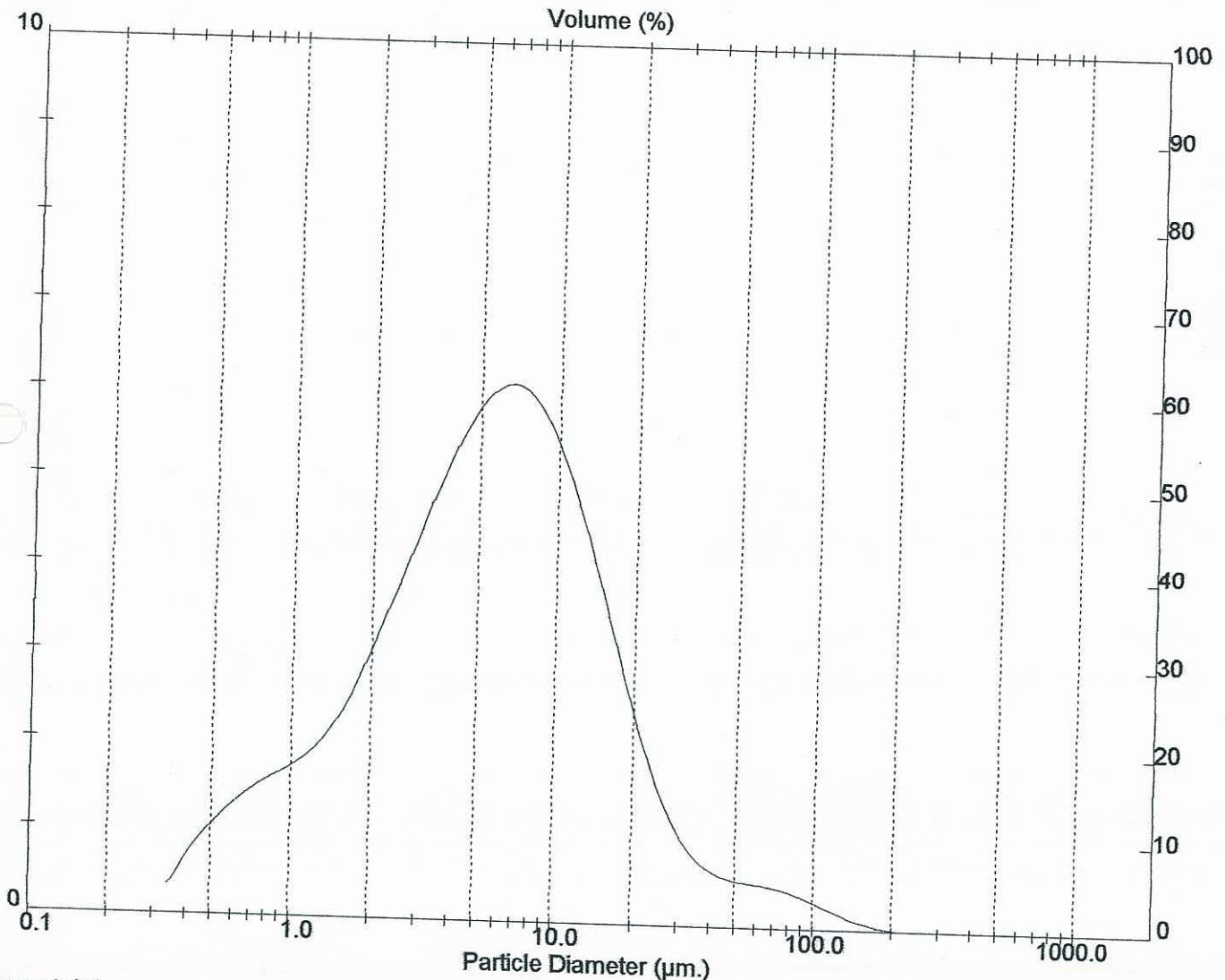
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 9.73 um

Result Statistics

Concentration = 0.0167 %Vol  
 D (v, 0.1) = 1.15 um  
 D [3, 2] = 2.88 um  
 Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 5.60 um  
 Span = 3.227E+00

Specific S.A. = 0.7863 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 19.21 um  
 Uniformity = 1.250E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313	36.59	7.80	22.62	31.30	2.81	125.0	0.27
3.90	26.61	15.60	9.46	62.50	1.64	250.0	0.00
7.80		31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN7  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMU\DATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 11

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 12:47  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 12:47  
 Result Source: Analysed

#### System Details

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 25.9 %  
 Residual: 0.317 %

#### Result Statistics

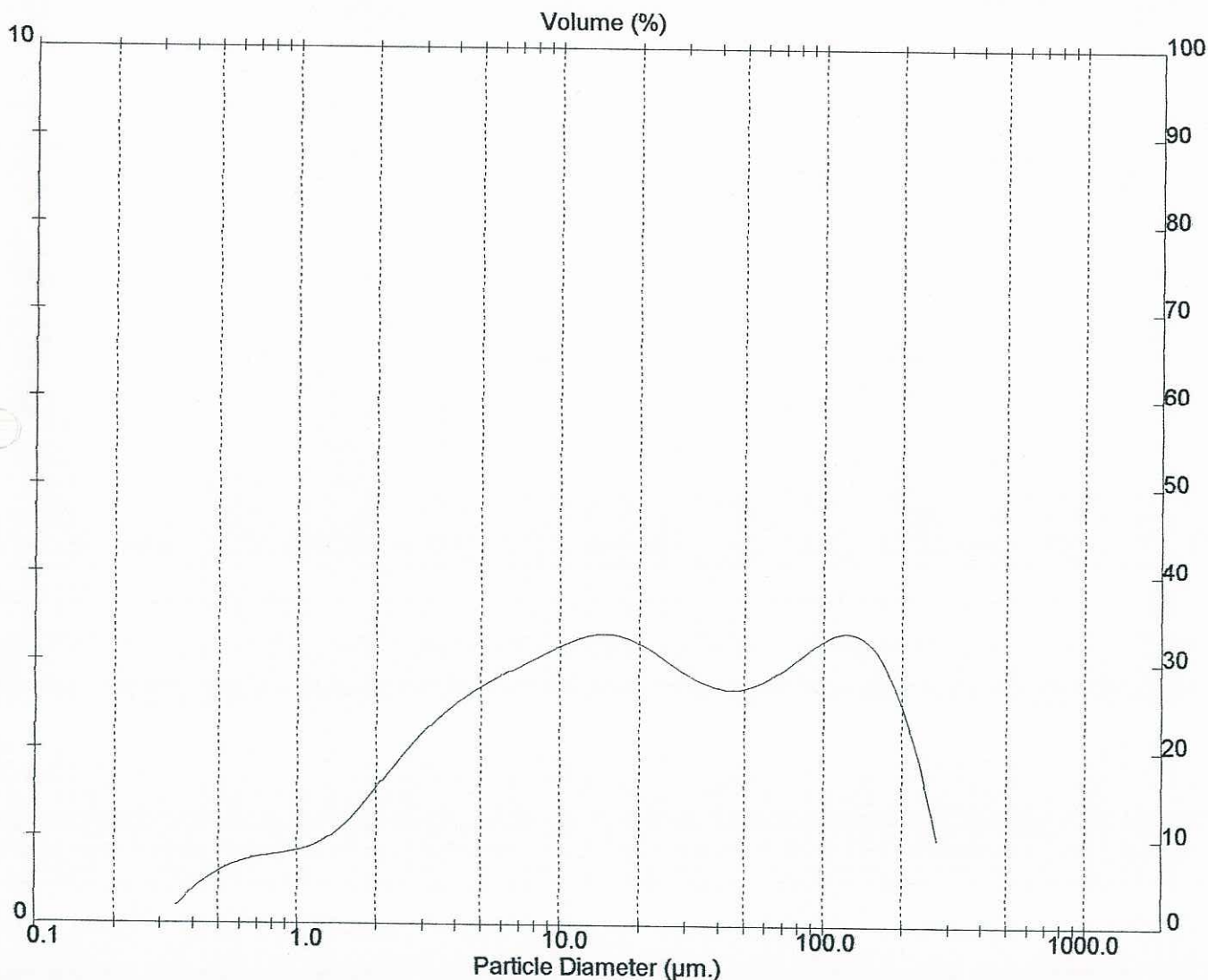
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 49.21 um

Concentration = 0.0291 %Vol  
 D (v, 0.1) = 2.08 um  
 D [3, 2] = 5.23 um

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 19.09 um  
 Span = 7.640E+00

Specific S.A. = 0.4330 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 147.91 um  
 Uniformity = 2.214E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80		31.30		125.0	
3.90	18.59	15.60	14.54	62.50	12.37	250.0	12.43
7.80	12.55	31.30	14.17	125.0	14.15	300.0	1.18



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN8  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUI\DATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 9

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 12:26  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 12:26  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details  
 [Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

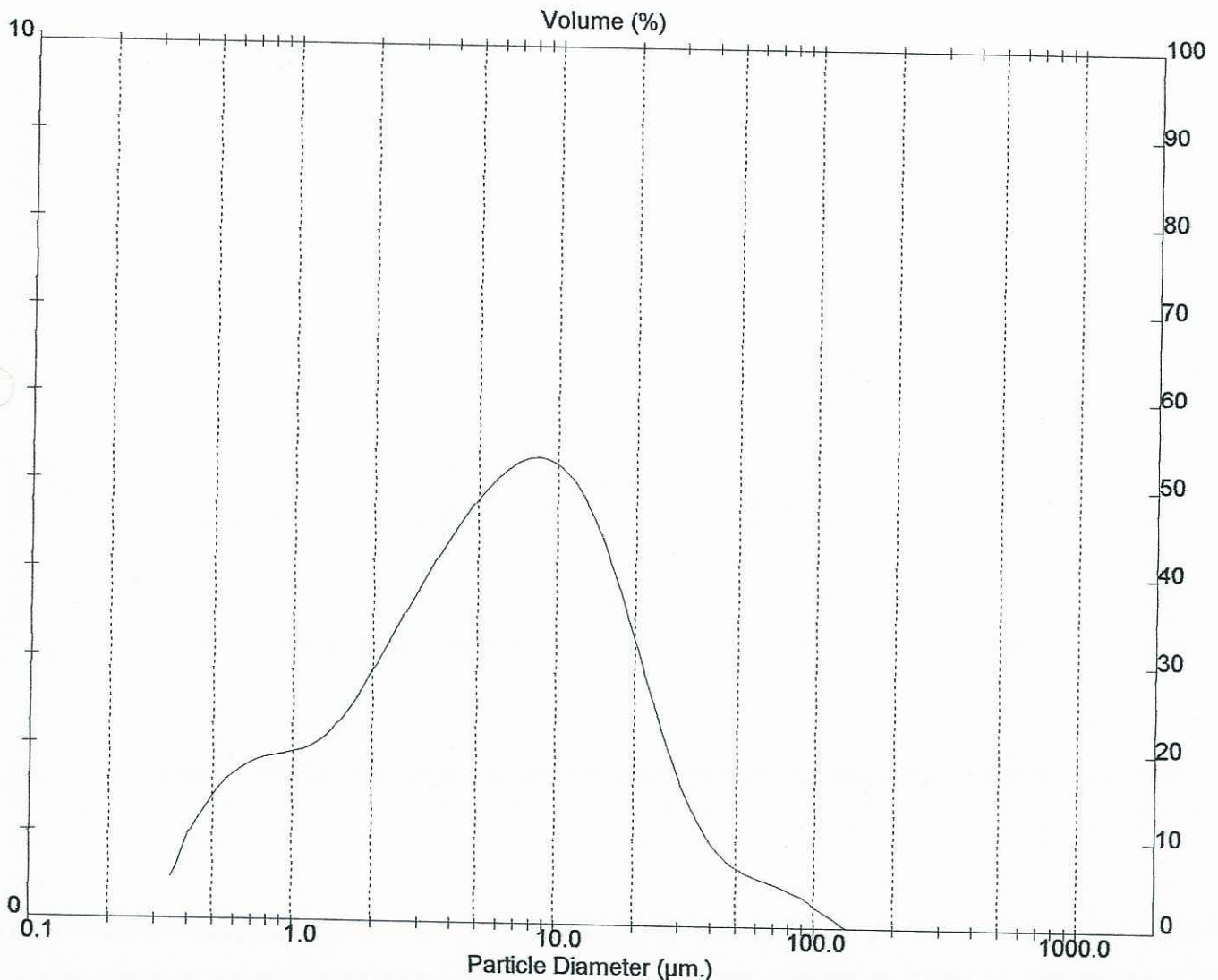
Measured Beam Obscuration: 22.5 %  
 Residual: 0.154 %

Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 10.16 um

Result Statistics  
 Concentration = 0.0132 %Vol  
 D (v, 0.1) = 0.95 um  
 D [3, 2] = 2.66 um  
 Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 5.99 um  
 Span = 3.595E+00

Specific S.A. = 0.8496 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 22.49 um  
 Uniformity = 1.251E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313	36.67	7.80	22.62	31.30	3.94	125.0	0.01
3.90	22.31	15.60	12.94	62.50	1.52	250.0	0.00
7.80		31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN9  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERM\DATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 3

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 11:22  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 11:22  
 Result Source: Analysed

#### System Details

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 6.3 %  
 Residual: 0.284 %

#### Result Statistics

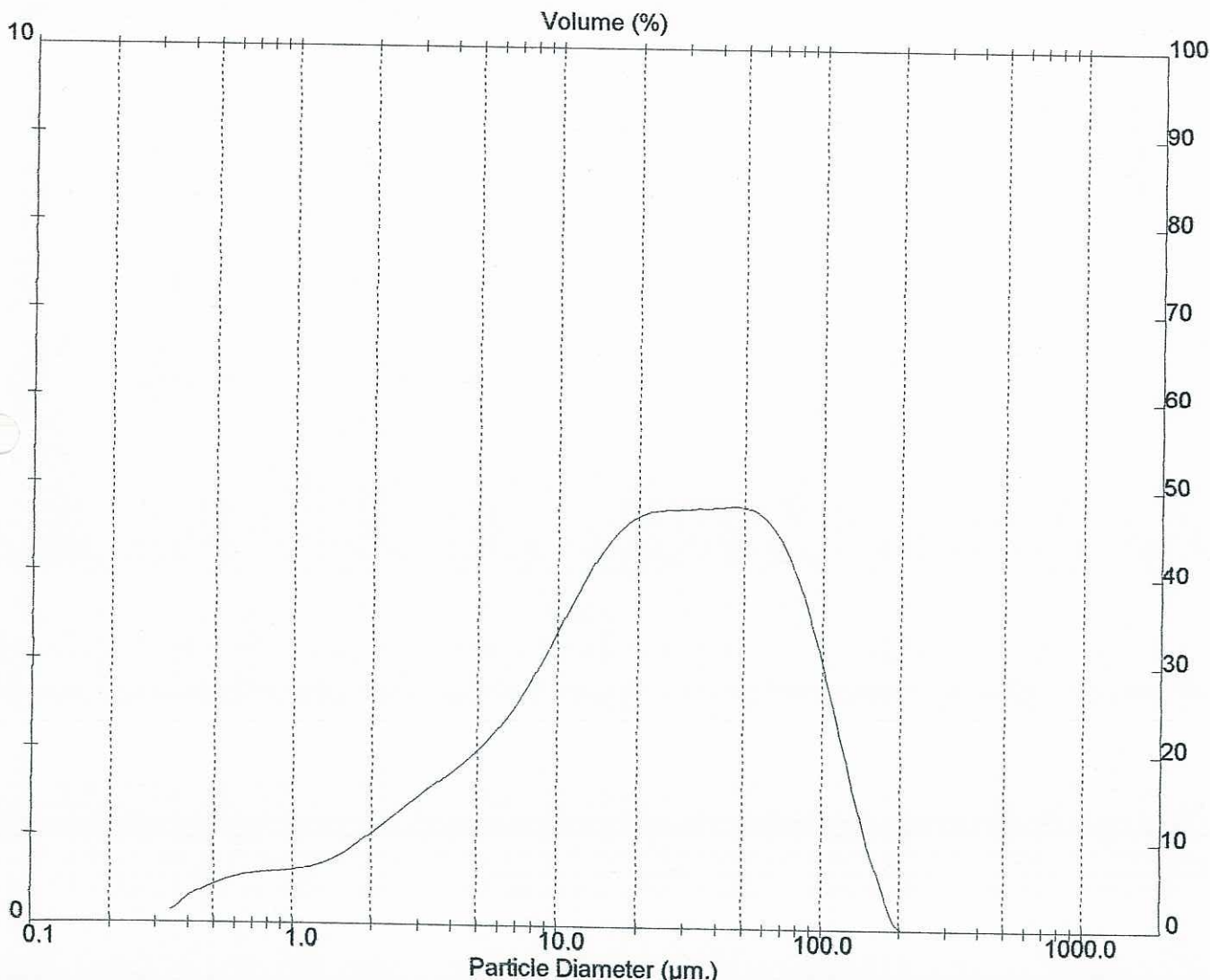
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 34.27 um

Concentration = 0.0079 %Vol  
 D (v, 0.1) = 2.91 um  
 D [3, 2] = 6.55 um

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 22.45 um  
 Span = 3.596E+00

Specific S.A. = 0.3456 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 83.65 um  
 Uniformity = 1.103E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80	16.27	31.30	21.23	125.0	2.43
3.90	13.02	15.60	21.23	62.50	15.74	250.0	0.00
7.80	9.78	31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN10  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUI\DATA\I  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 10

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 12:37  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 12:37  
 Result Source: Analysed

#### System Details

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 19.4 %

Residual: 0.516 %

#### Result Statistics

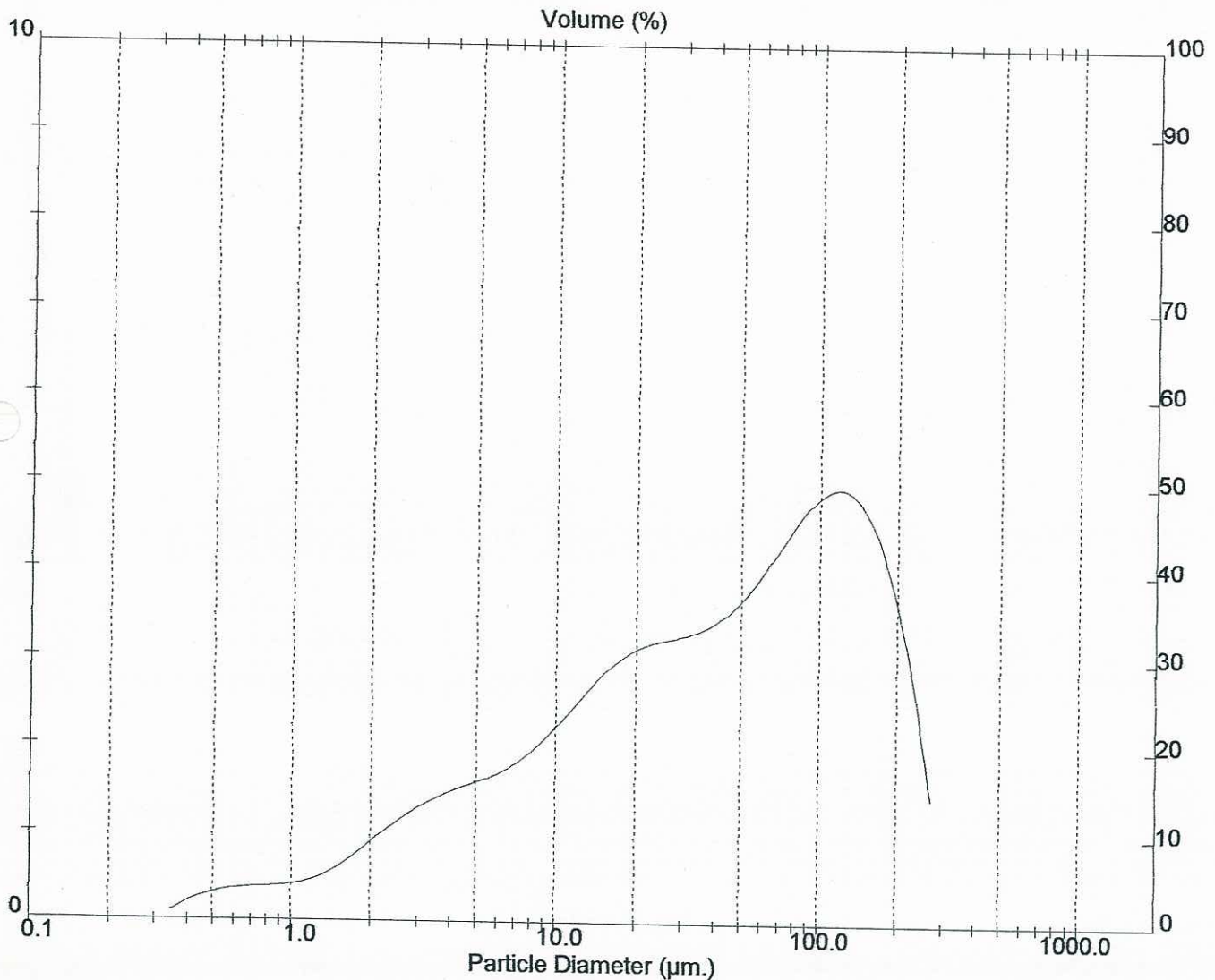
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 67.82 um

Concentration = 0.0342 %Vol  
 D (v, 0.1) = 3.74 um  
 D [3, 2] = 8.75 um

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 43.04 um  
 Span = 3.913E+00

Specific S.A. = 0.2587 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 172.15 um  
 Uniformity = 1.217E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80		31.30		125.0	
3.90	10.40	15.60	10.78	62.50	16.13	250.0	18.16
7.80	7.51	31.30	14.29	125.0	20.98	300.0	1.70



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN12  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 1

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 11:07  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 11:07  
 Result Source: Analysed

#### System Details

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 29.4 %

Residual: 0.146 %

#### Result Statistics

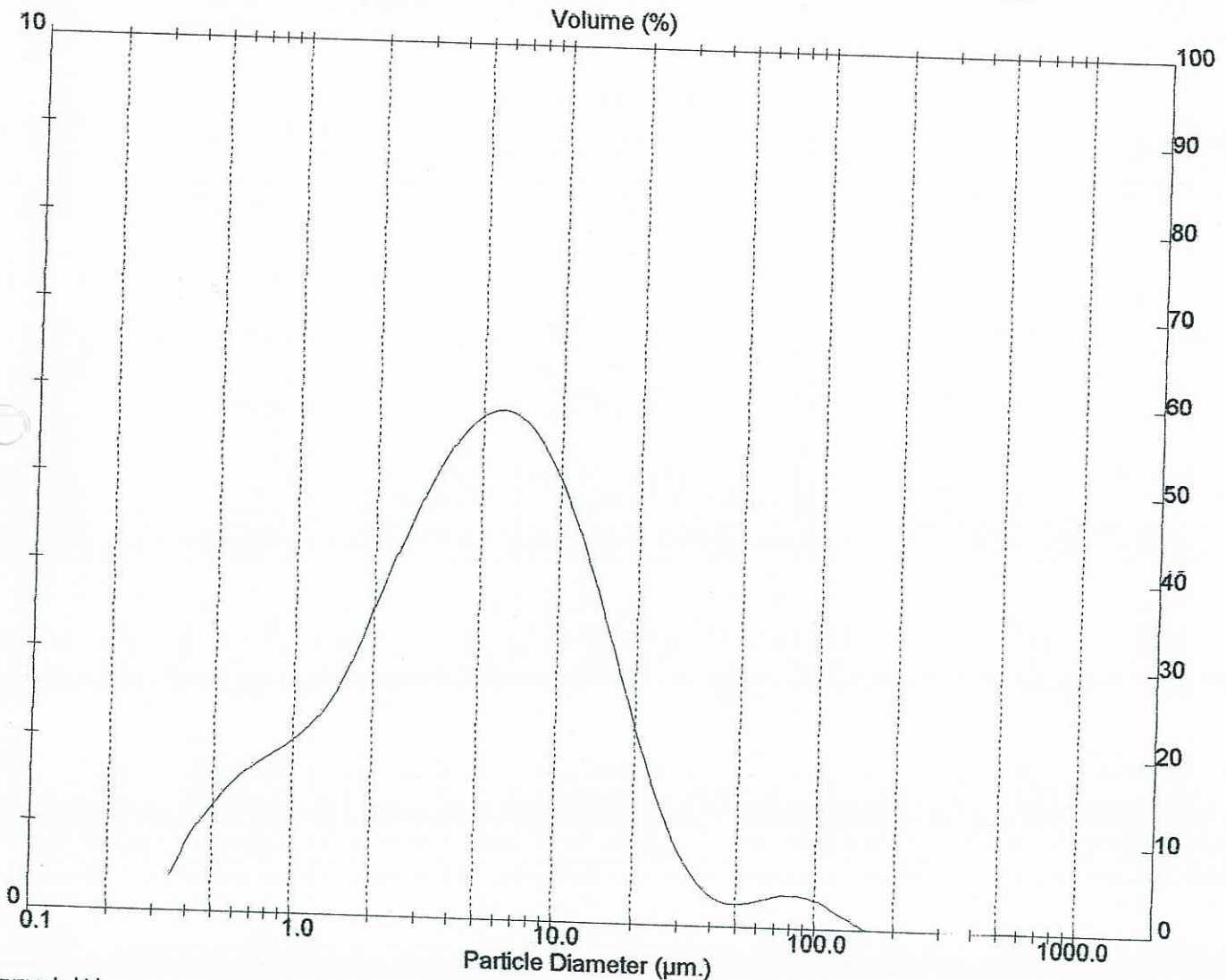
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 8.57 um

Concentration = 0.0168 %Vol  
 D (v, 0.1) = 1.02 um  
 D [3, 2] = 2.60 um

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 4.96 um  
 Span = 3.254E+00

Specific S.A. = 0.8725 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 17.15 um  
 Uniformity = 1.245E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313	41.24	7.80	20.99	31.30	1.67	125.0	0.14
3.90	25.83	15.60	8.64	62.50	1.49	250.0	0.00
7.80		31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN13  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\1  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 5

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 11:42  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 11:42  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 40HD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details  
 [Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 26.1 %  
 Residual: 0.217 %

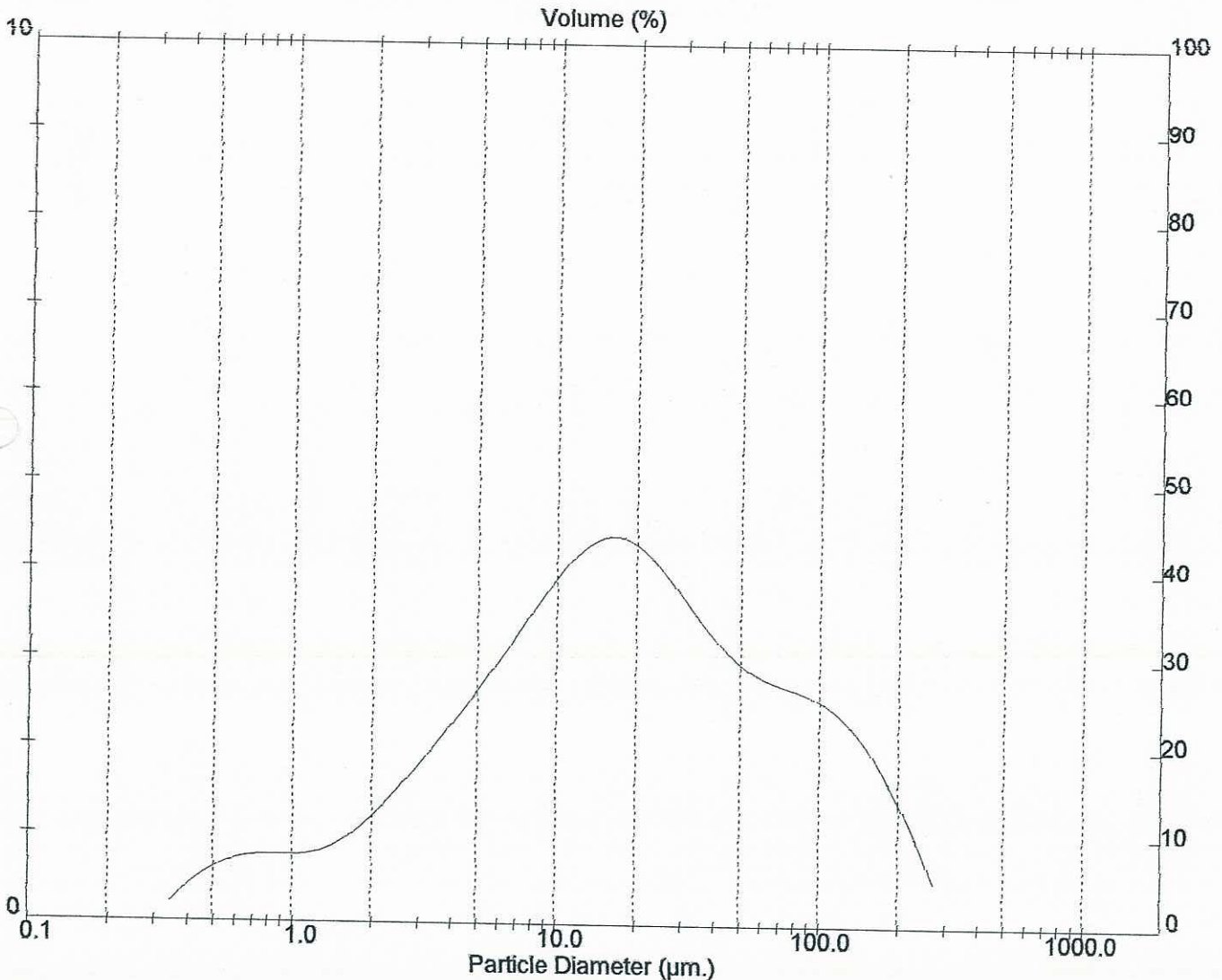
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 38.56 um

Concentration = 0.0309 %Vol  
 D (v, 0.1) = 2.35 um  
 D [3, 2] = 5.41 um

Result Statistics  
 Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 17.27 um  
 Span = 6.271E+00

Specific S.A. = 0.4184 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 110.62 um  
 Uniformity = 1.816E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80		31.30		125.0	
3.90	16.02	15.60	18.26	62.50	14.20	250.0	7.48
7.80	12.81	31.30	18.86	125.0	11.77	300.0	0.59



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN14  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUNDATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 2

Measured: Fri 5 de Mar de 2010 11:15  
 Analysed: Fri 5 de Mar de 2010 11:16  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details  
 [Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

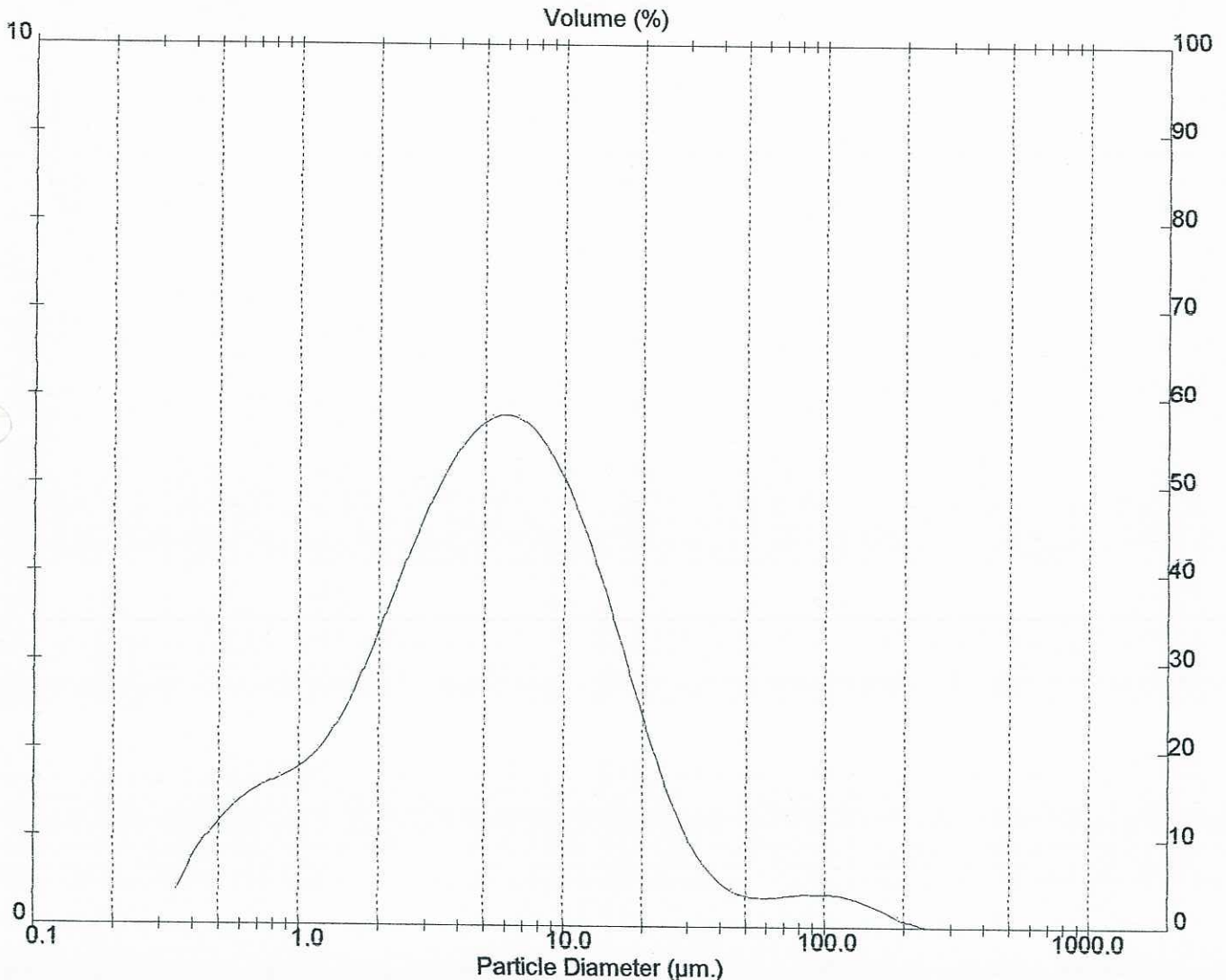
Measured Beam Obscuration: 23.0 %  
 Residual: 0.170 %

Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 10.07 um

Result Statistics  
 Concentration = 0.0131 %Vol  
 D (v, 0.1) = 1.08 um  
 D [3, 2] = 2.72 um  
 Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 5.24 um  
 Span = 3.411E+00

Specific S.A. = 0.8335 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 18.95 um  
 Uniformity = 1.434E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80	21.23	31.30	2.18	125.0	0.73
3.90	39.24	15.60	9.29	62.50	1.66	250.0	0.00
7.80	25.68	31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN15  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 14

Measured: Thu 25 de Mar de 2010 16:42  
 Analysed: Thu 25 de Mar de 2010 16:42  
 Result Source: Analysed

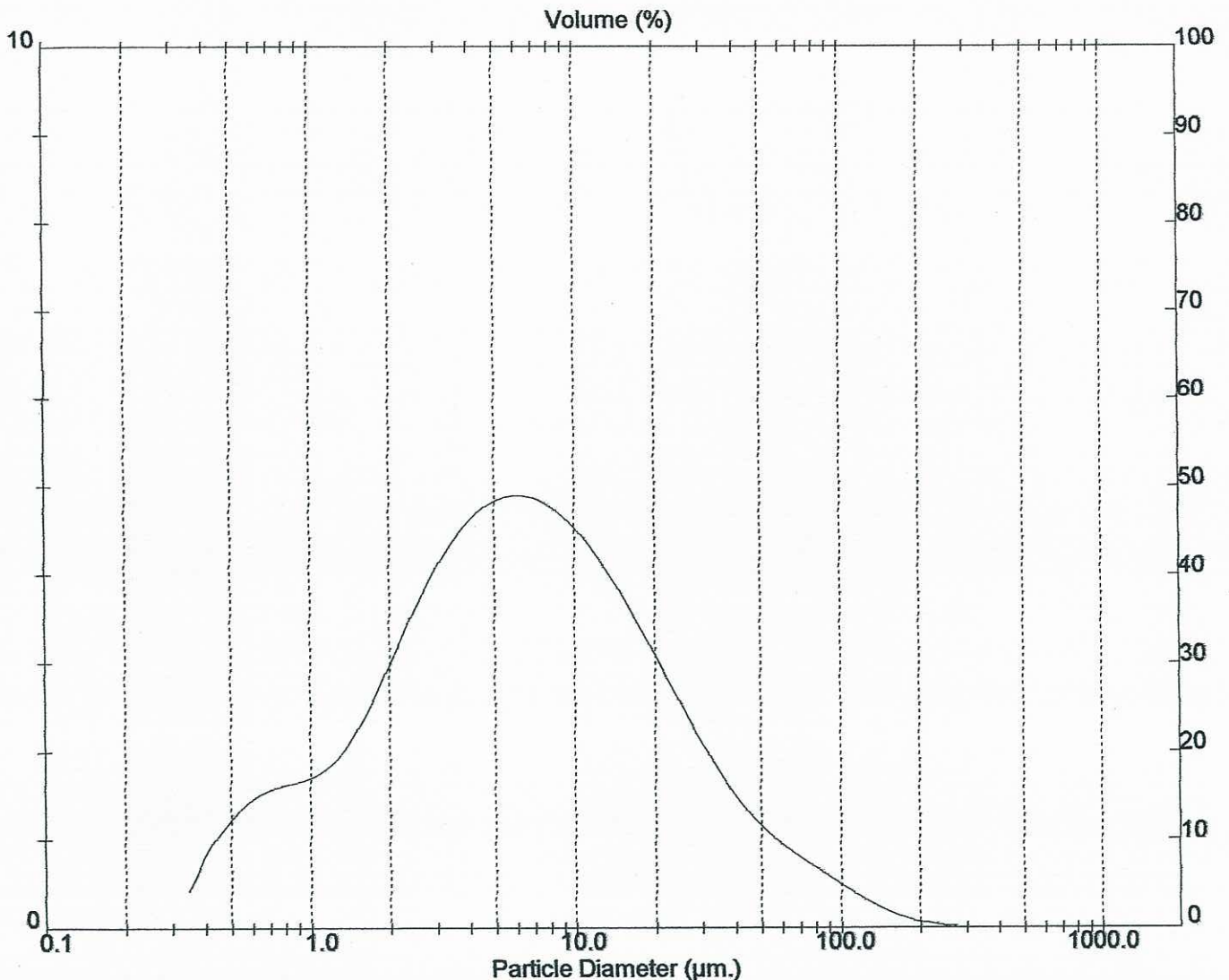
Sampler: MS1  
 Presentation: 40HD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details  
 [Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 23.1 %  
 Residual: 0.461 %

Result Statistics  
 Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 12.96 um  
 Concentration = 0.0142 %Vol  
 D (v, 0.1) = 1.07 um  
 D [3, 2] = 2.85 um  
 Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 6.09 um  
 Span = 4.803E+00  
 Specific S.A. = 0.7944 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 30.31 um  
 Uniformity = 1.672E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80	19.62	31.30	6.21	125.0	0.60
3.90	36.05	15.60	12.93	62.50	2.74	250.0	0.02
7.80	21.83	31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN16  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 16

Measured: Thu 25 de Mar de 2010 17:00  
 Analysed: Thu 25 de Mar de 2010 17:00  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 40HD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details  
 [Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

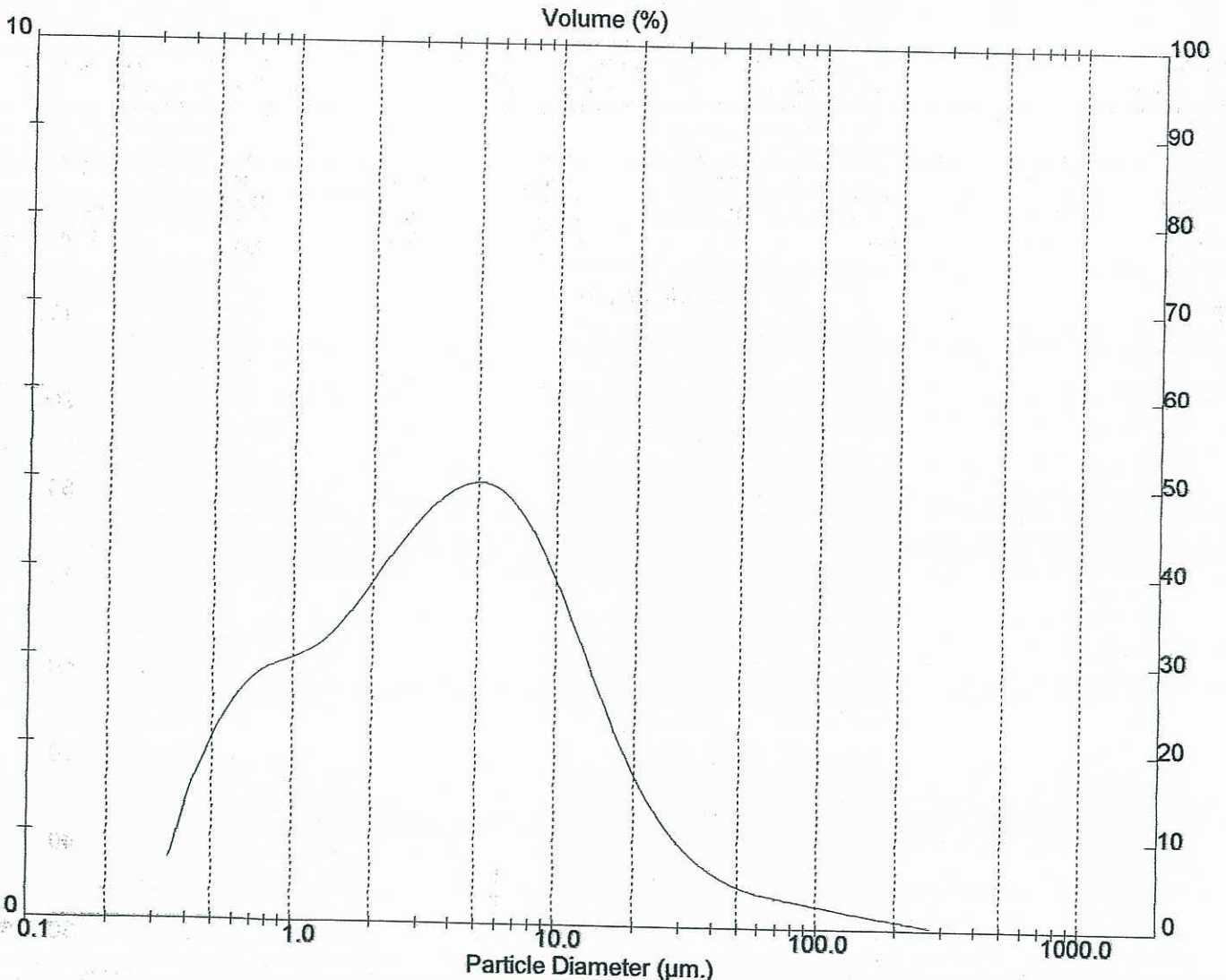
Measured Beam Obscuration: 25.0 %  
 Residual: 0.335 %

Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 8.64 um

Result Statistics  
 Concentration = 0.0114 %Vol  
 D (v, 0.1) = 0.73 um  
 D [3, 2] = 1.99 um  
 Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 3.85 um  
 Span = 4.254E+00

Specific S.A. = 1.1388 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 17.12 um  
 Uniformity = 1.791E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313	50.38	7.80	16.08	31.30	2.53	125.0	0.57
3.90	22.15	15.60	6.94	62.50	1.30	250.0	0.04
7.80		31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN17  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMU\DATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 18

Measured: Thu 25 de Mar de 2010 17:15  
 Analysed: Thu 25 de Mar de 2010 17:15  
 Result Source: Analysed

#### System Details

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 23.5 %

Residual: 0.467 %

#### Result Statistics

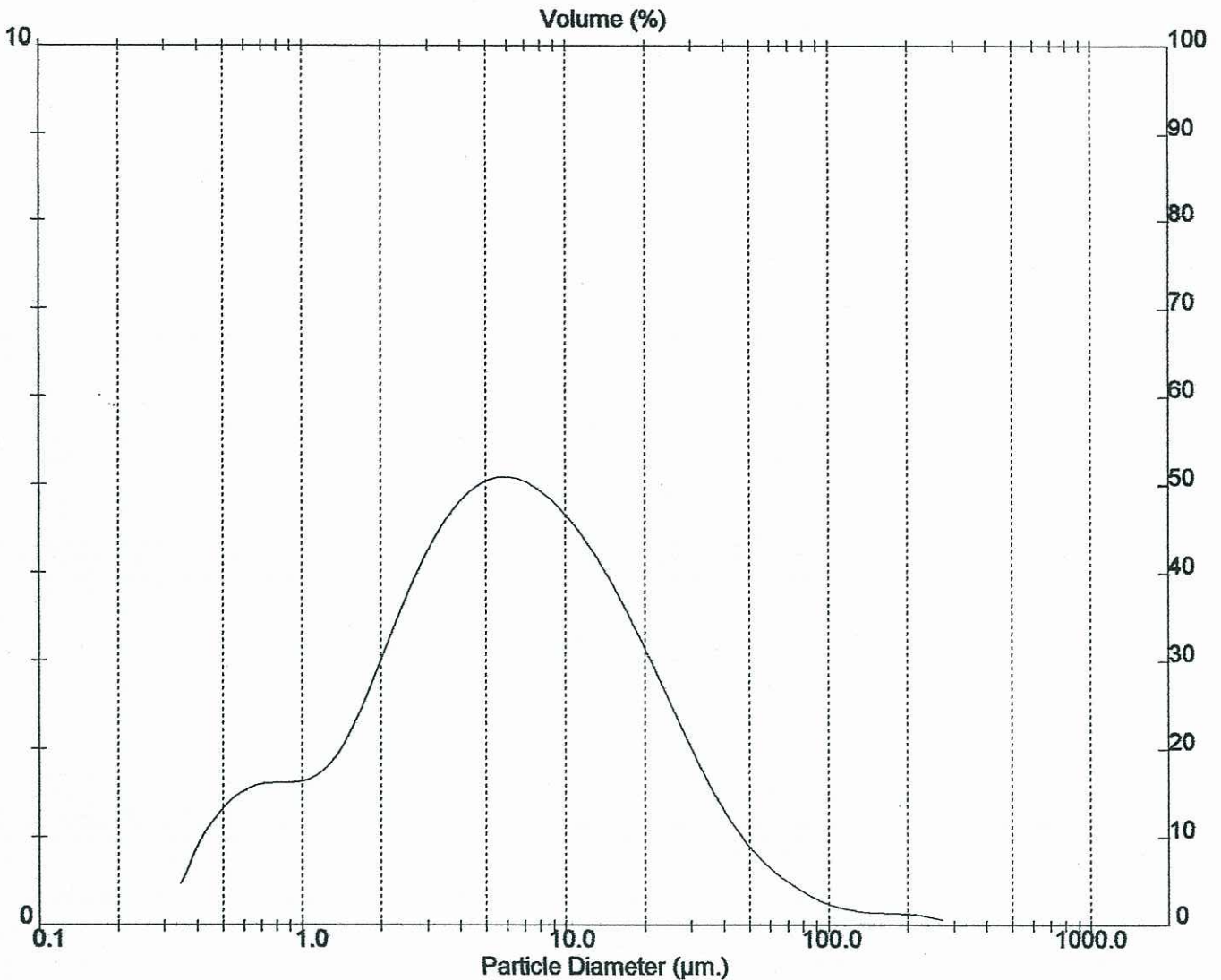
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 11.84  $\mu$ m

Concentration = 0.0142 %Vol  
 D (v, 0.1) = 1.04  $\mu$ m  
 D [3, 2] = 2.77  $\mu$ m

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 5.86  $\mu$ m  
 Span = 4.271E+00

Specific S.A. = 0.8165 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 26.08  $\mu$ m  
 Uniformity = 1.558E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313	36.72	7.80	20.17	31.30	5.21	125.0	0.62
3.90	22.68	15.60	12.99	62.50	1.53	250.0	0.08
7.80		31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN18  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 17

Measured: Thu 25 de Mar de 2010 17:07  
 Analysed: Thu 25 de Mar de 2010 17:07  
 Result Source: Analysed

#### System Details

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 24.4 %  
 Residual: 0.586 %

#### Result Statistics

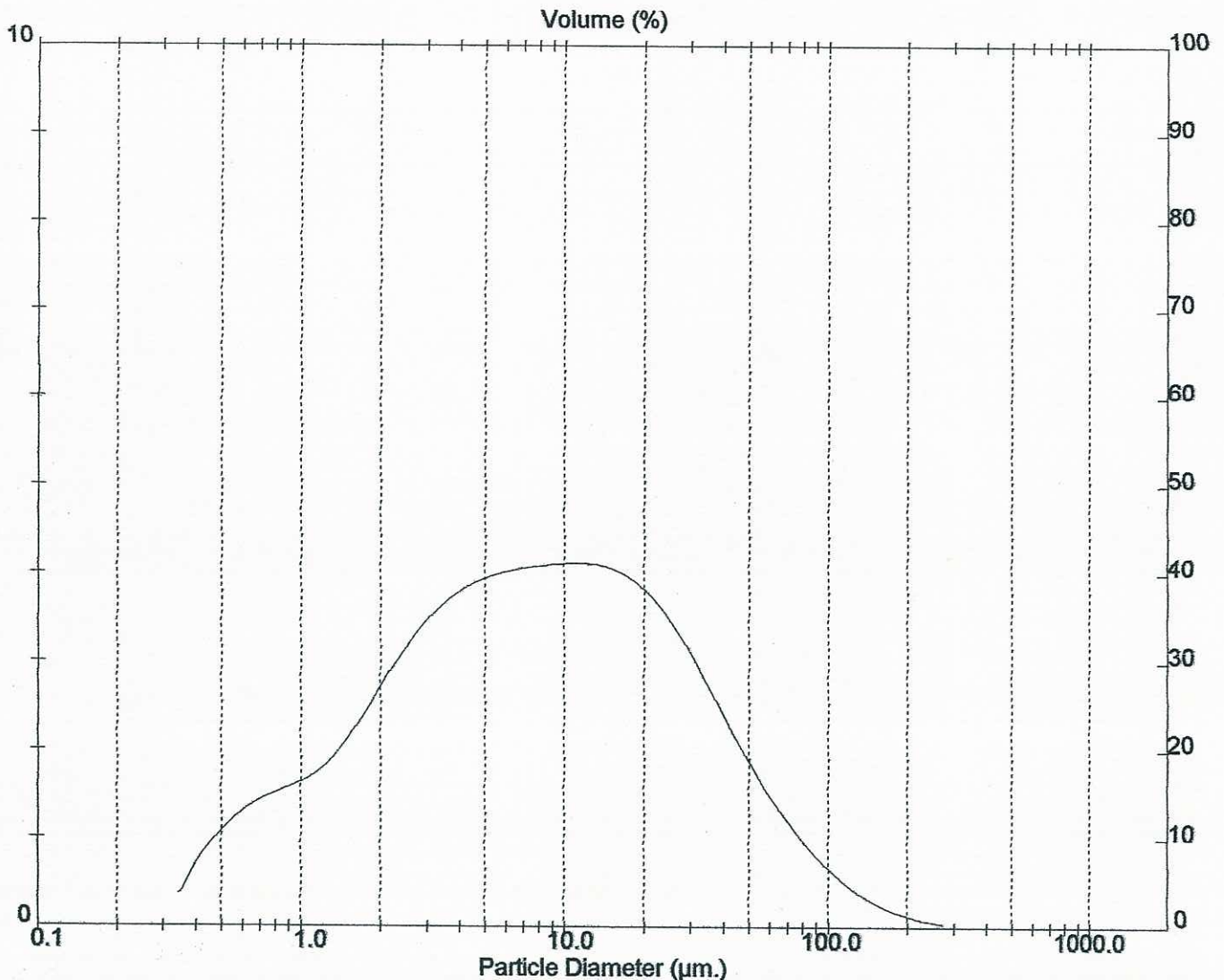
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 16.50 um

Concentration = 0.0166 %Vol  
 D (v, 0.1) = 1.15 um  
 D [3, 2] = 3.14 um

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 7.72 um  
 Span = 5.140E+00

Specific S.A. = 0.7202 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 40.84 um  
 Uniformity = 1.722E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313	32.31	7.80	18.55	31.30	9.82	125.0	0.91
3.90	17.96	15.60	16.52	62.50	3.88	250.0	0.04
7.80		31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN19  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUI\DATA\  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 15

Measured: Thu 25 de Mar de 2010 16:51  
 Analysed: Thu 25 de Mar de 2010 16:52  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 40HD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details

[Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 25.6 %

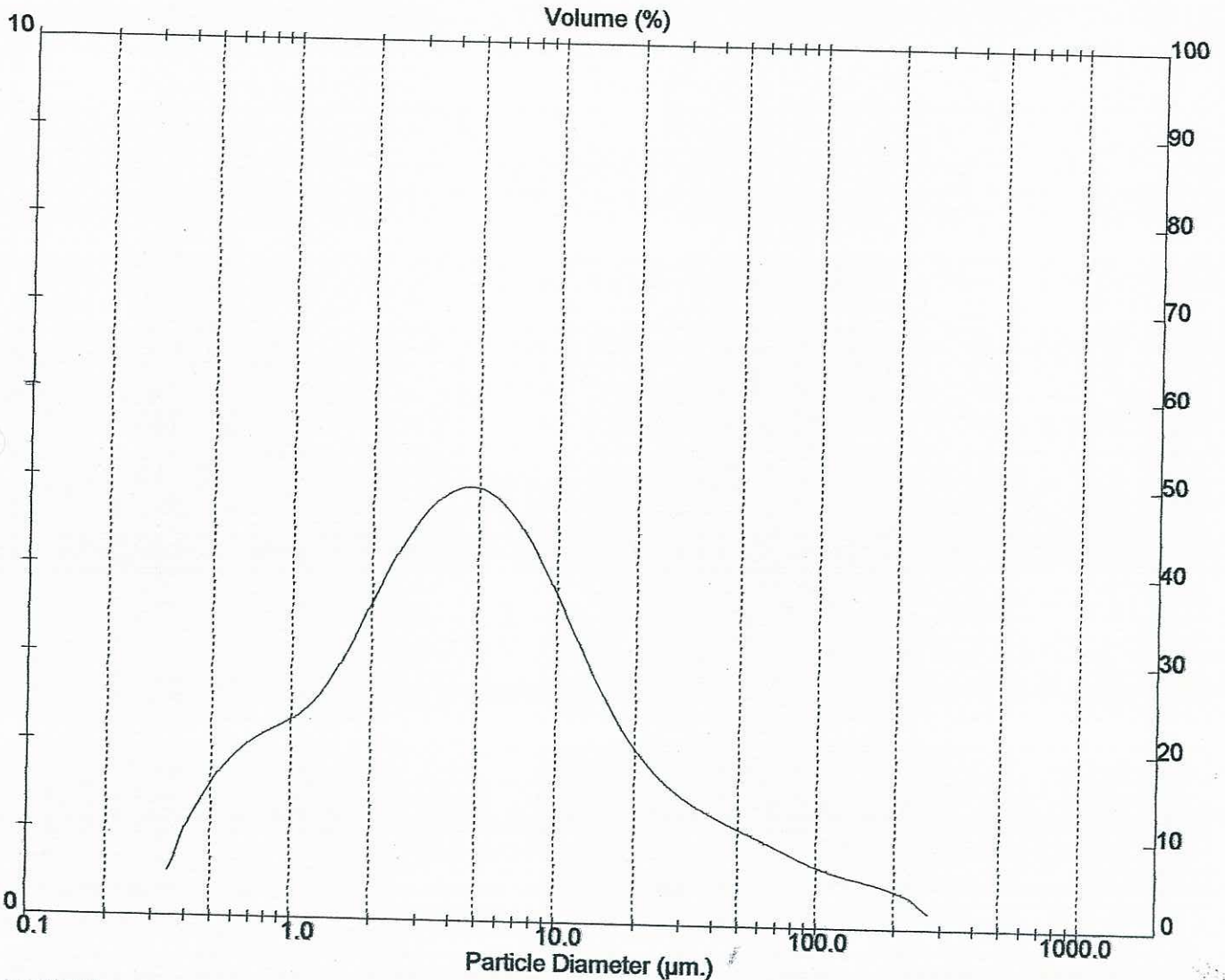
Residual: 0.415 %

Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 15.20  $\mu$ m

Result Statistics  
 Concentration = 0.0138 %Vol  
 D (v, 0.1) = 0.89  $\mu$ m  
 D [3, 2] = 2.43  $\mu$ m  
 Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 4.81  $\mu$ m  
 Span = 7.161E+00

Specific S.A. = 0.9312 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 35.31  $\mu$ m  
 Uniformity = 2.704E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313	43.29	7.80	15.52	31.30	5.31	125.0	2.11
3.90	21.61	15.60	8.50	62.50	3.44	250.0	0.22
7.80		31.30		125.0		300.0	



### Result: Histogram Report

Sample ID: BEN21  
 Sample File: BENJAMIM  
 Sample Path: C:\SIZERMUDATA\I  
 Sample Notes:

Sample Details  
 Run Number: 1  
 Record Number: 13

Measured: Thu 25 de Mar de 2010 16:25  
 Analysed: Thu 25 de Mar de 2010 16:25  
 Result Source: Analysed

Sampler: MS1  
 Presentation: 4OHD  
 Analysis Model: Polydisperse  
 Modifications: None

System Details  
 [Particle R.I. = ( 1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300]

Measured Beam Obscuration: 25.6 %  
 Residual: 0.521 %

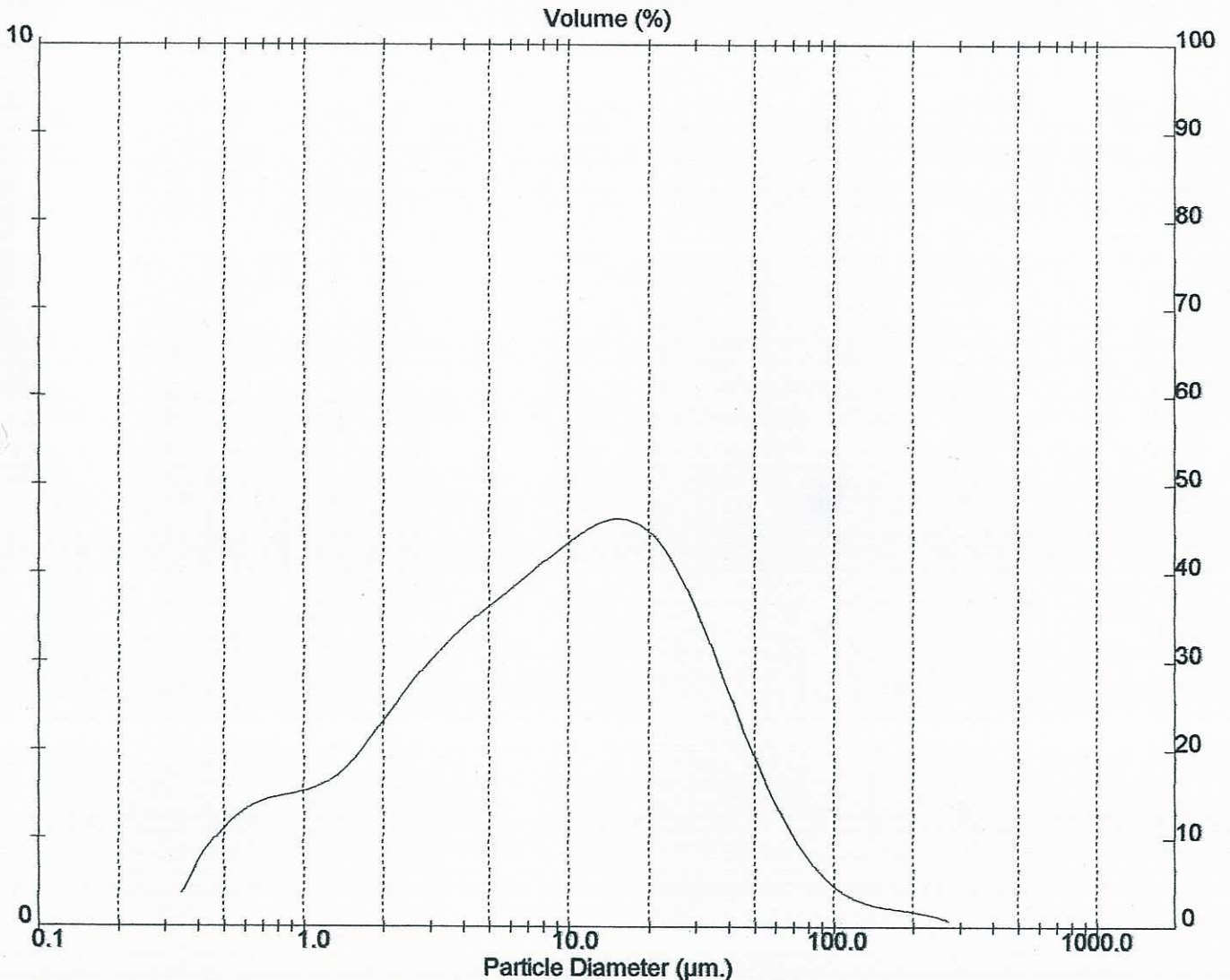
Distribution Type: Volume  
 Mean Diameters:  
 D [4, 3] = 16.90 um

Result Statistics  
 Concentration = 0.0187 %Vol  
 D (v, 0.1) = 1.17 um  
 D [3, 2] = 3.28 um

Density = 2.650 g / cub. cm  
 D (v, 0.5) = 8.99 um  
 Span = 4.239E+00

Specific S.A. = 0.6898 sq. m / g  
 D (v, 0.9) = 39.30 um  
 Uniformity = 1.473E+00

Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %	Size (um)	Volume In %
0.313		7.80	19.98	31.30	10.57	125.0	0.90
3.90	29.25	15.60	19.28	62.50	3.05	250.0	0.09
7.80	16.88	31.30		125.0		300.0	



## ANEXO N.º VII

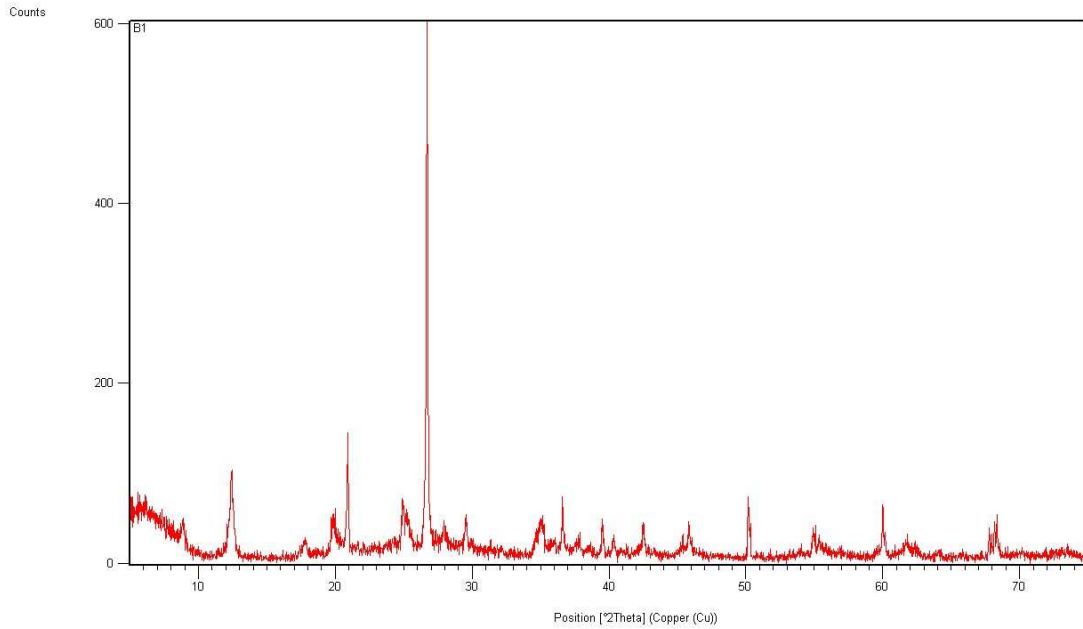
### Mineralogia das argilas

---

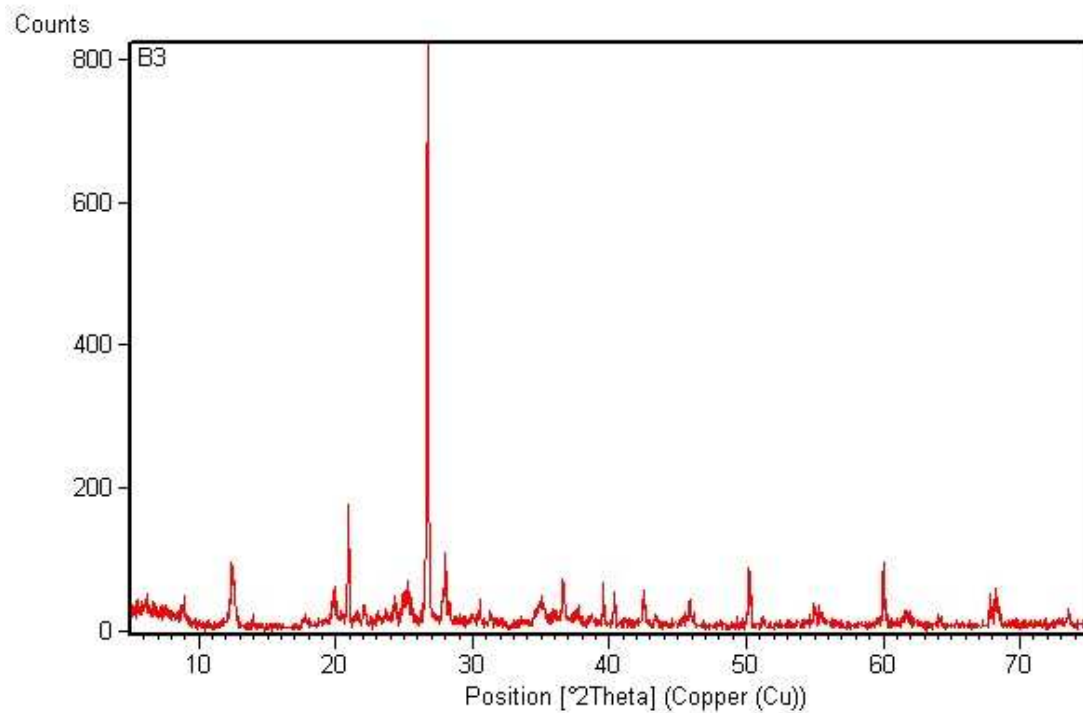
## ANEXO N.º VII

### Análise mineralógica.

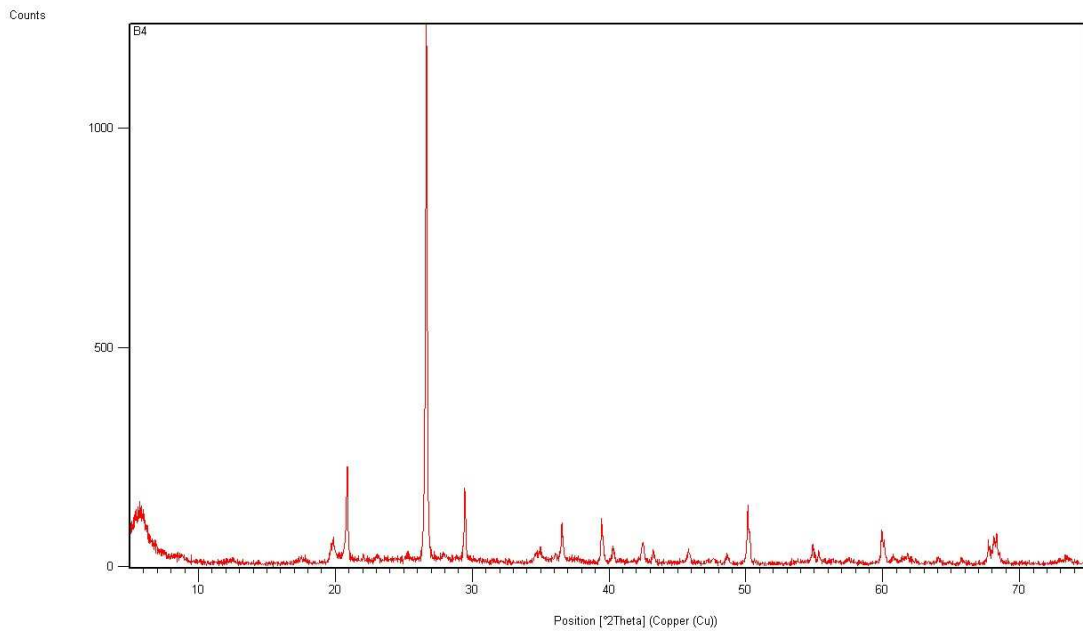
---



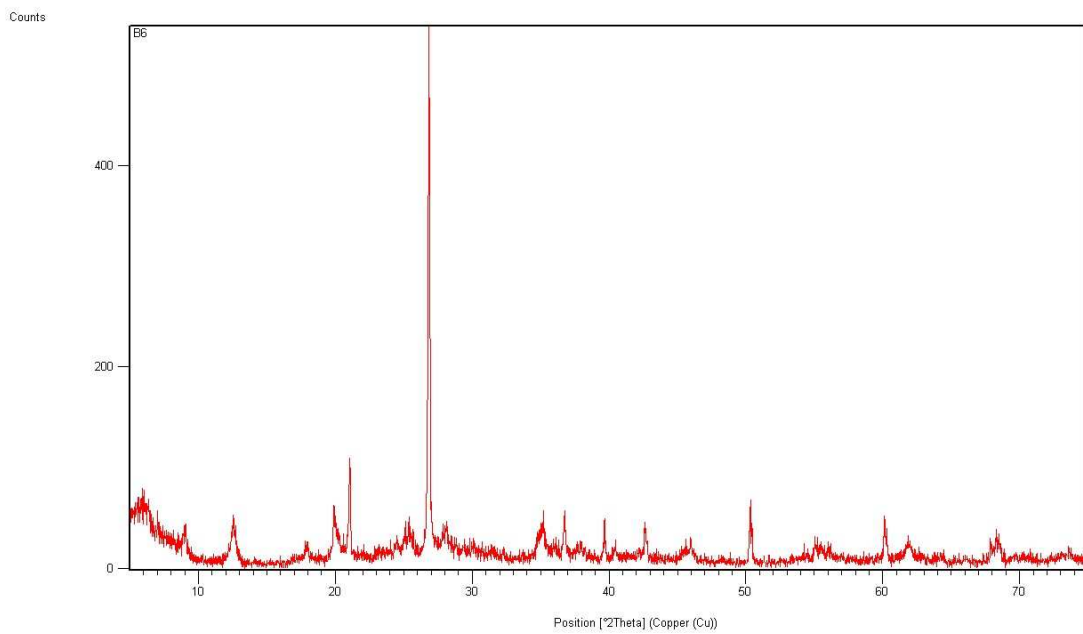
**Figura 1 – Amostra B1**



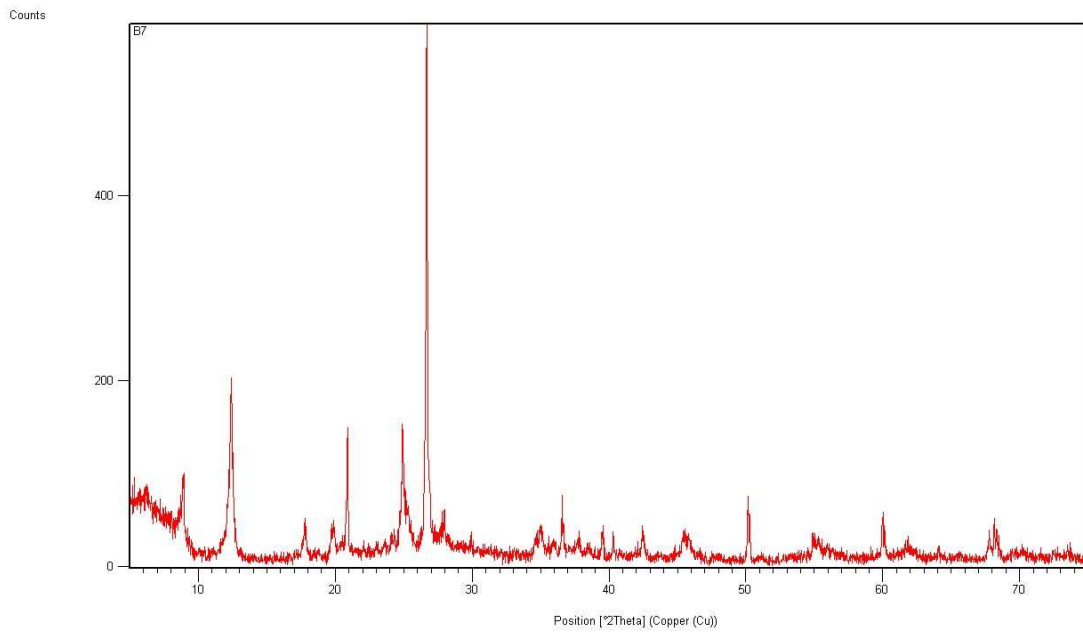
**Figura 2 – Amostra B3**



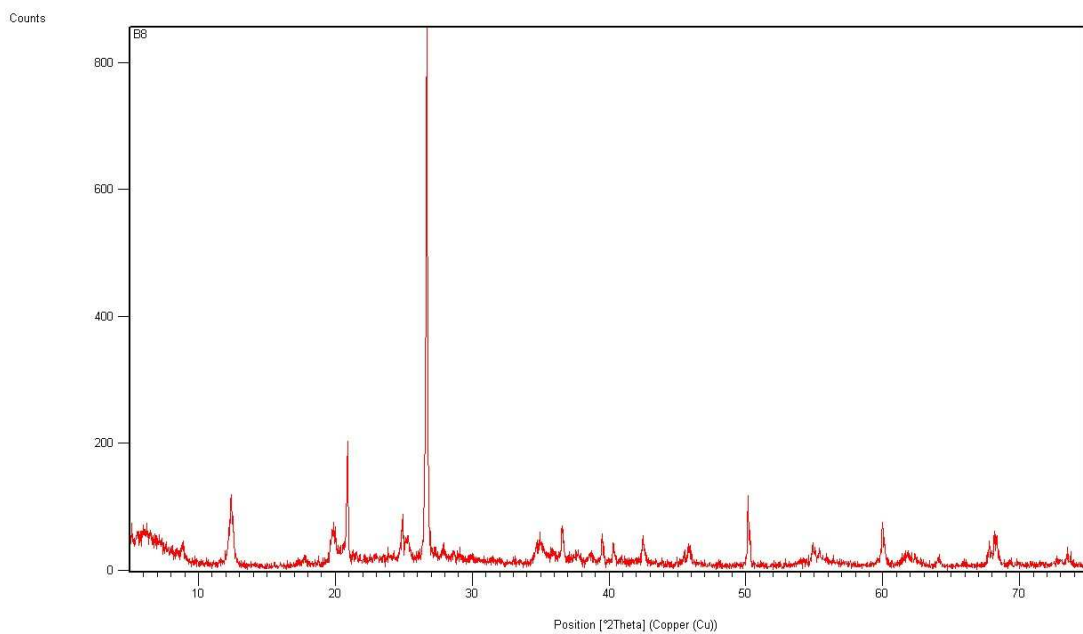
**Figura 3 – Amostra B4**



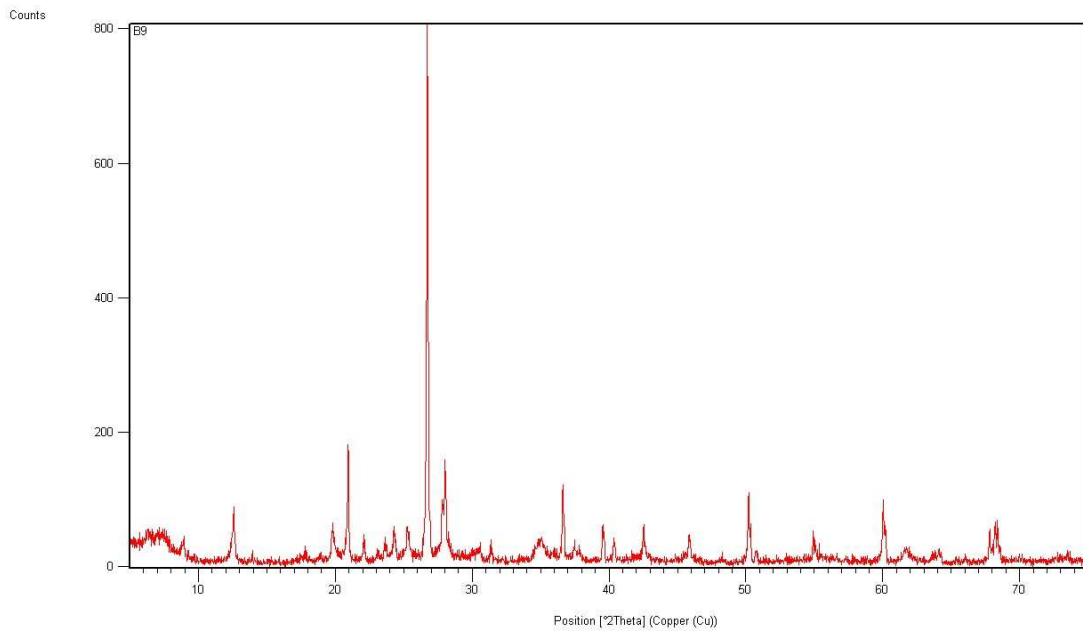
**Figura 4 – Amostra B6**



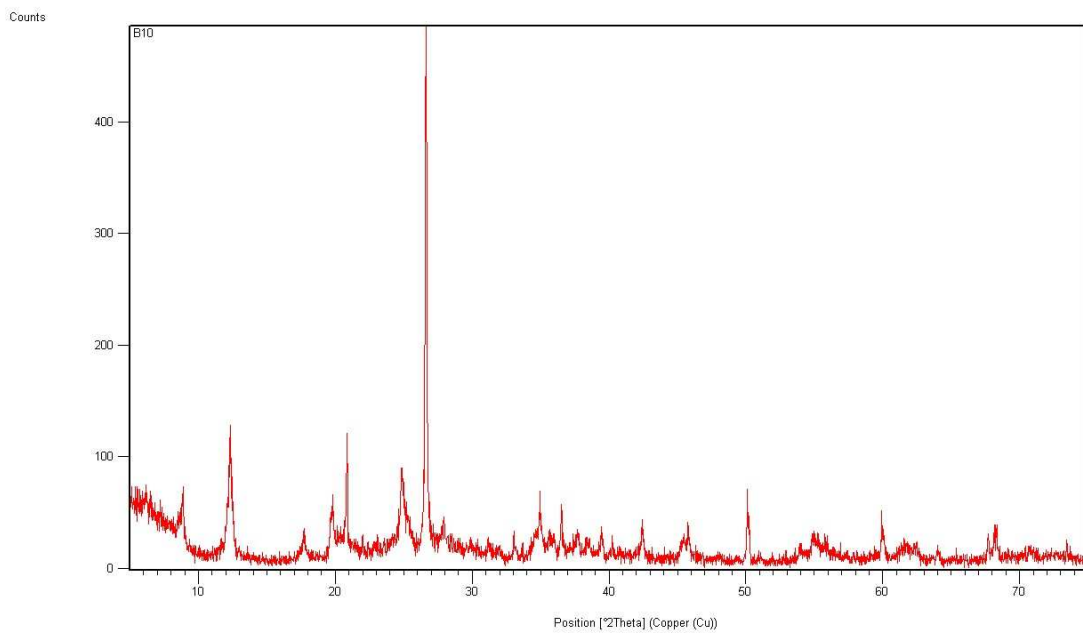
**Figura 5 – Amostra B7**



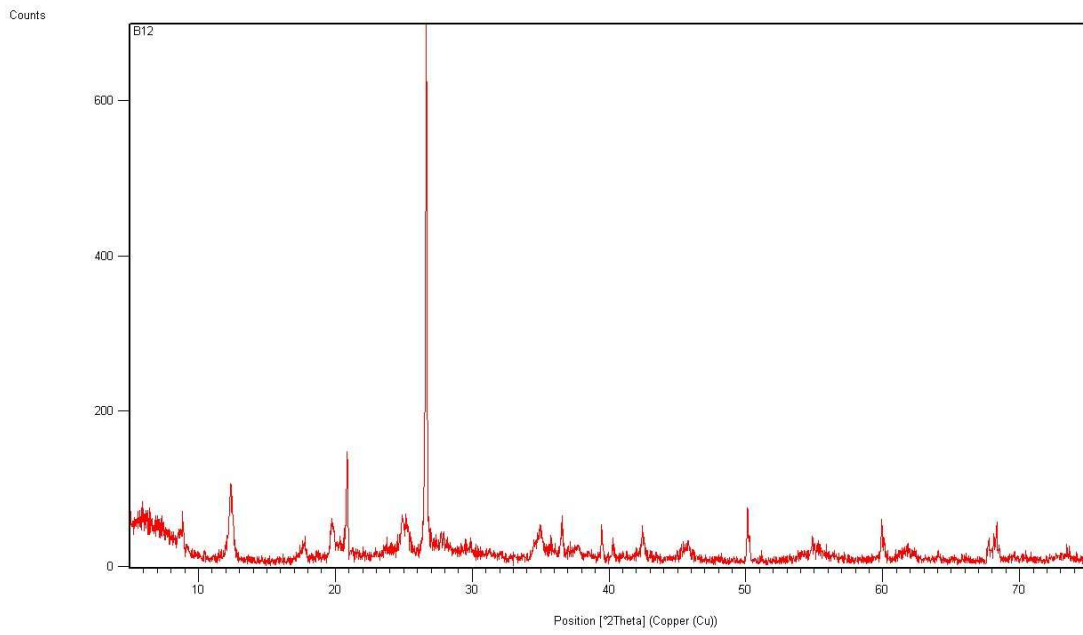
**Figura 6 – Amostra B8**



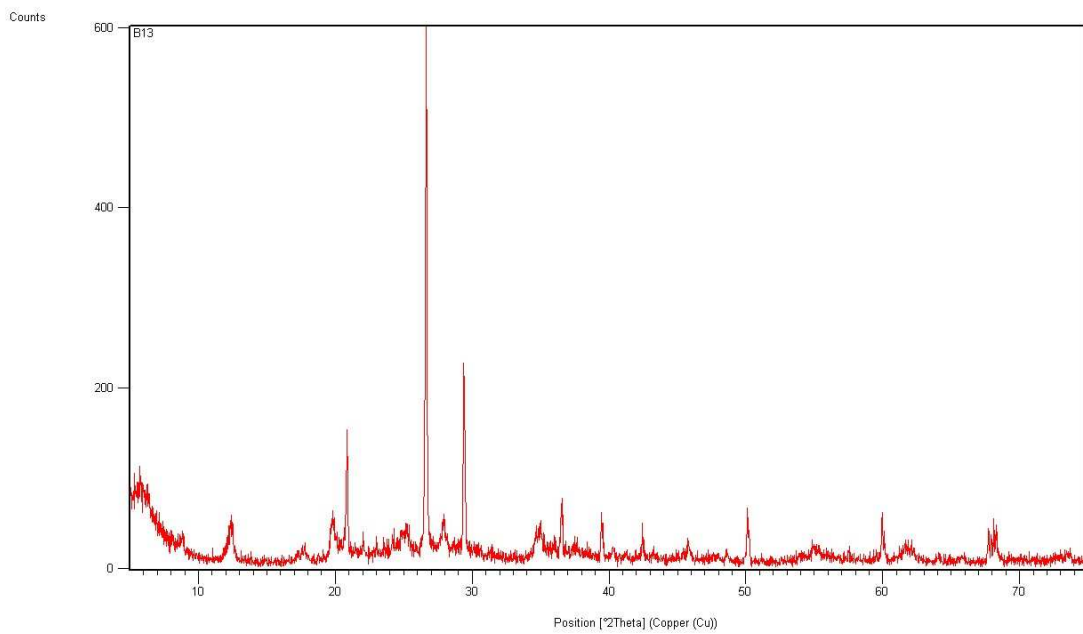
**Figura 7 – Amostra B9**



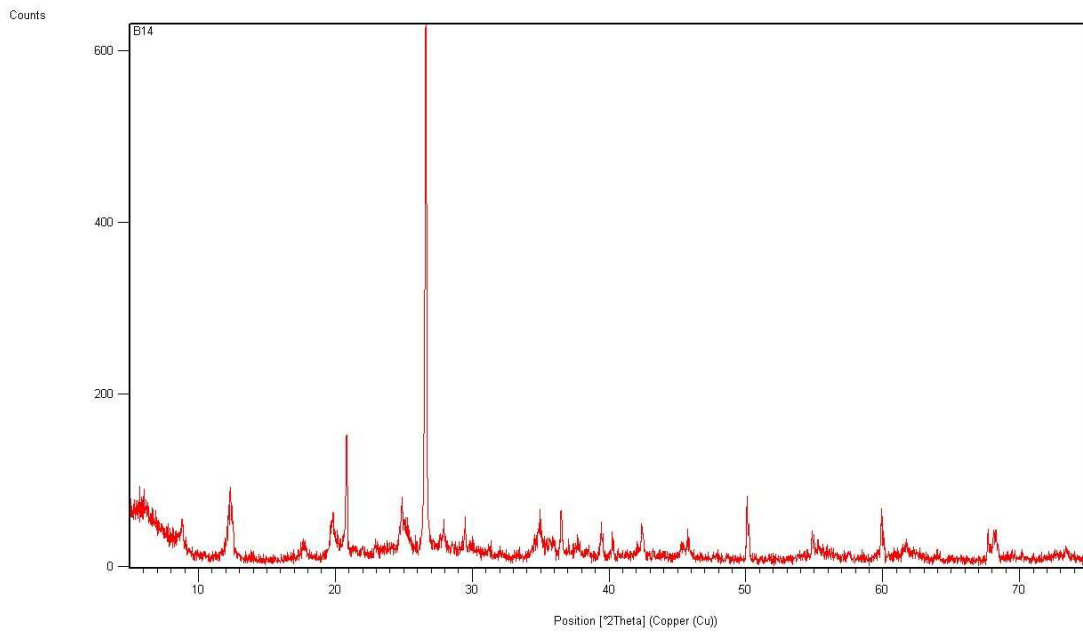
**Figura 8 – Amostra B10**



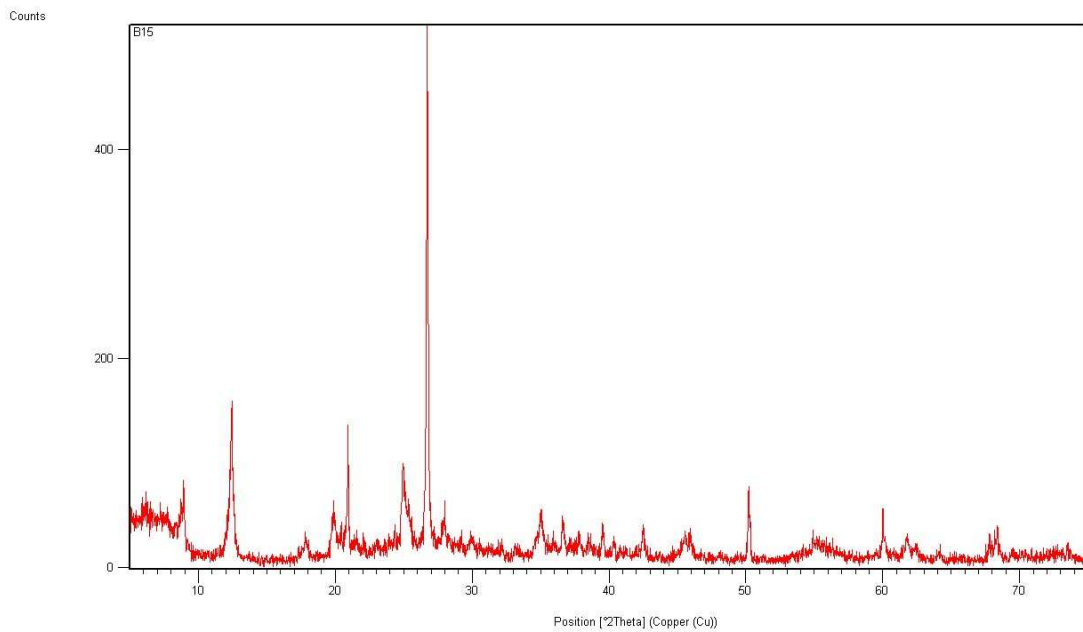
**Figura 9 – Amostra B12**



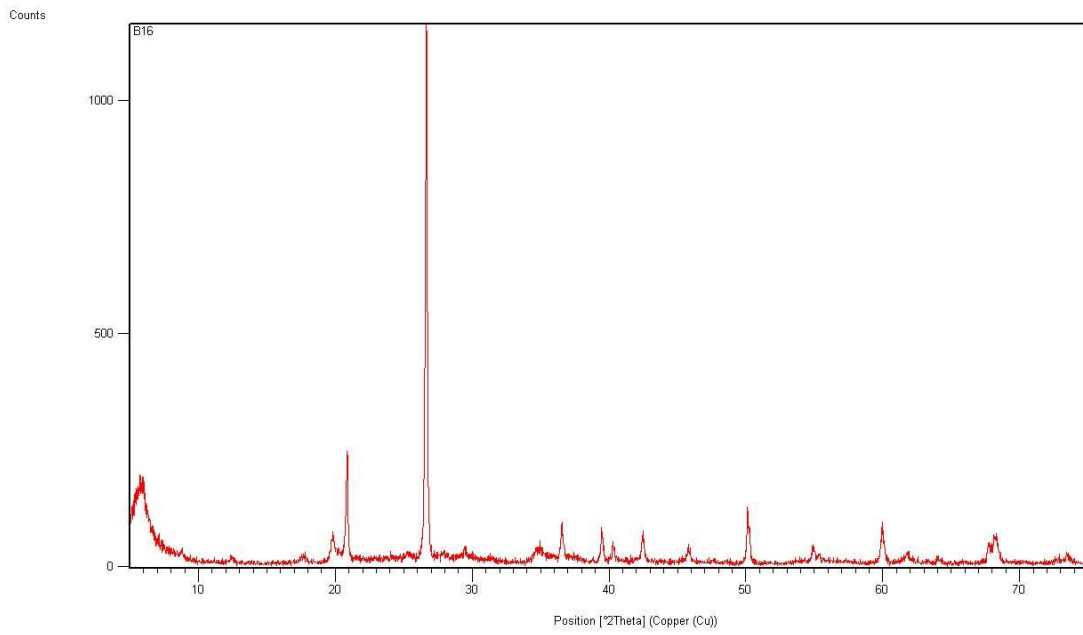
**Figura 10 – Amostra B13**



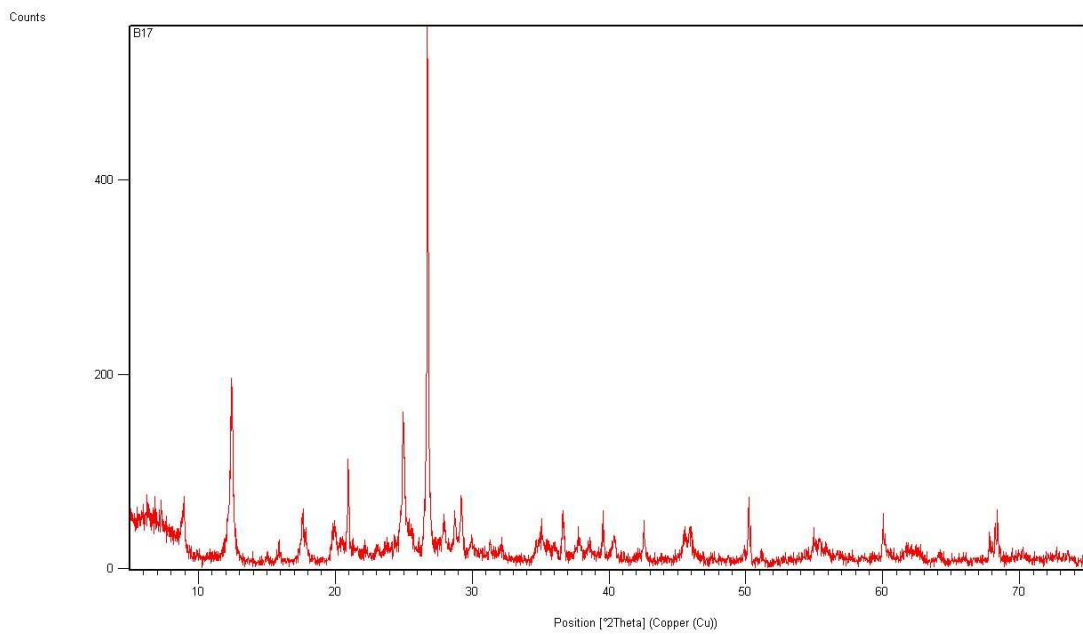
**Figura 11 – Amostra B14**



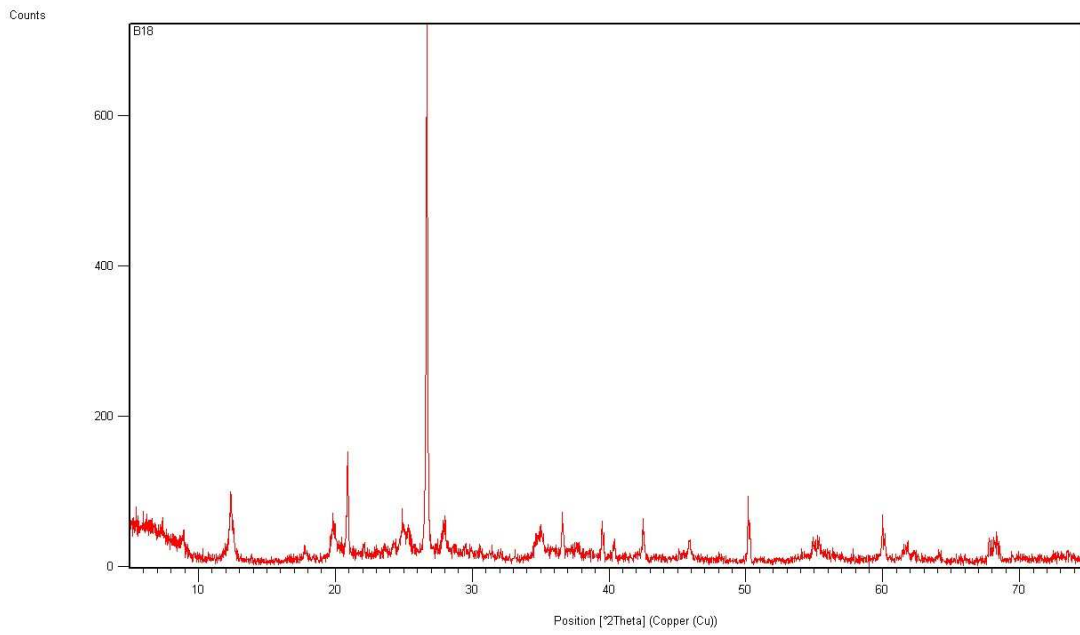
**Figura 12 – Amostra B15**



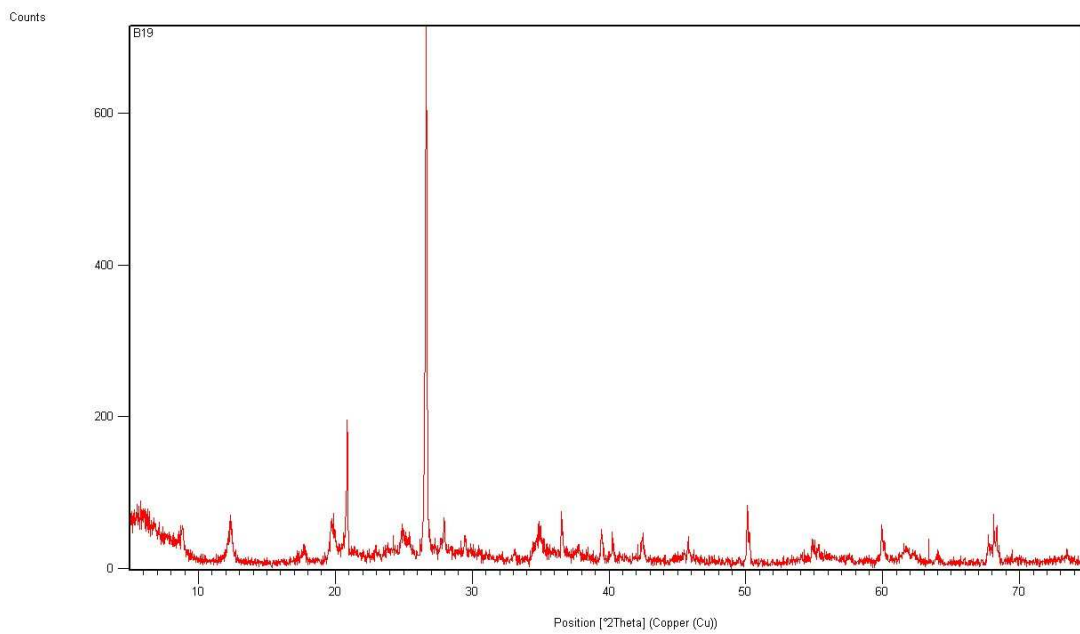
**Figura 13 – Amostra B16**



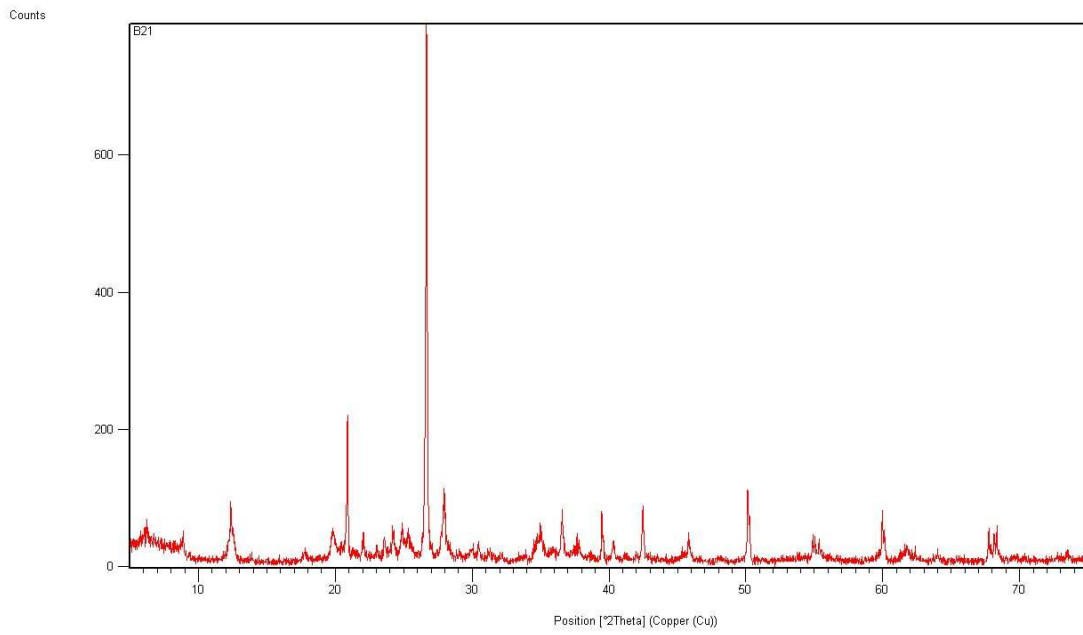
**Figura 14 – Amostra B17**



**Figura 15 – Amostra B18**



**Figura 16 – Amostra 19**

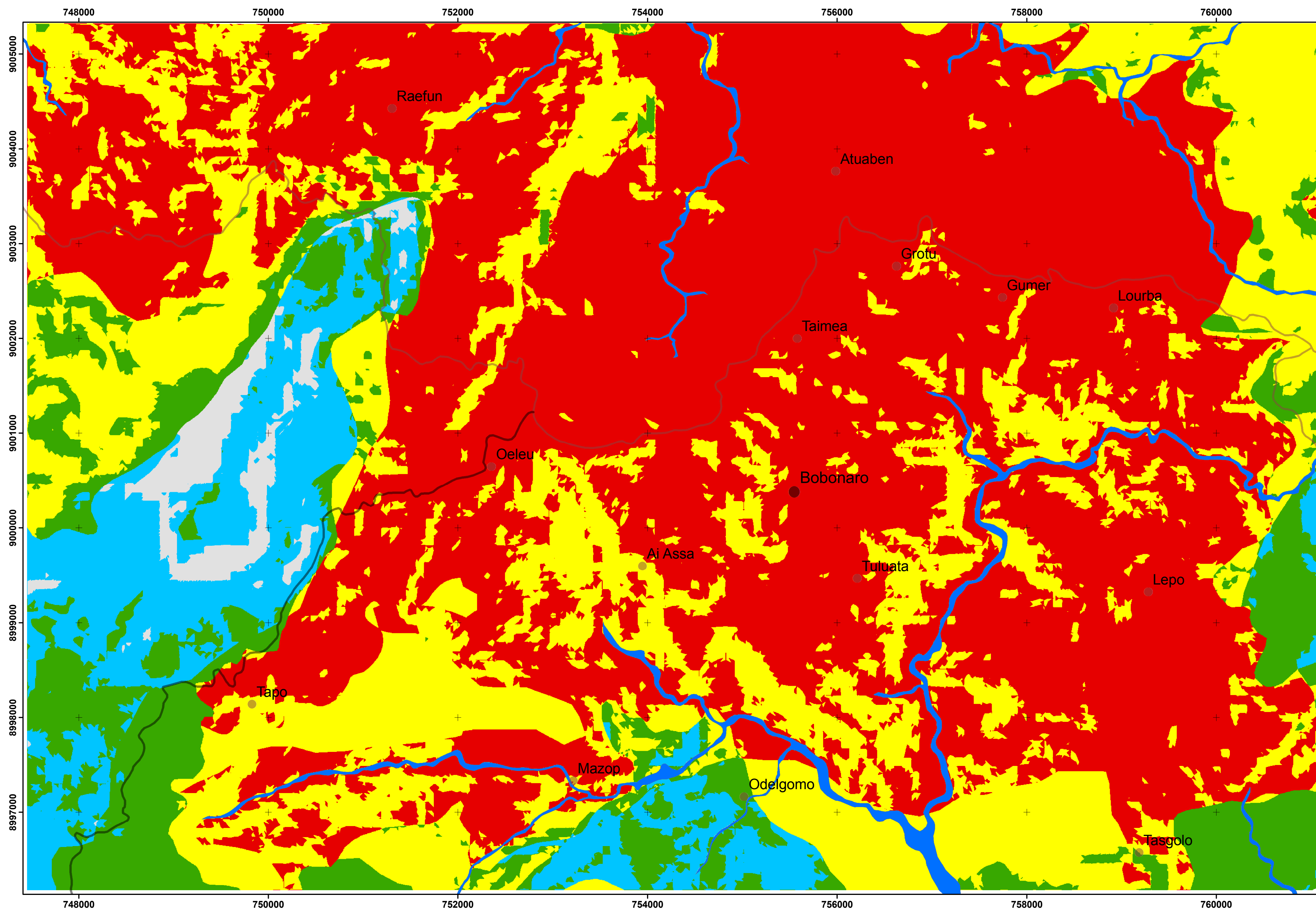


**Figura 17 – Amostra 21**

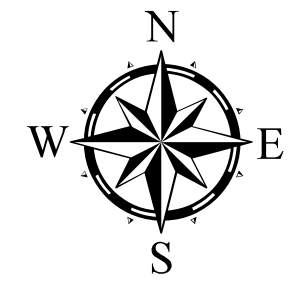
## **ANEXO N.º VIII**

Mapa de factores ambientais condicionantes à ocorrência de movimentos de vertente

# Mapa de factores ambientais condicionantes à ocorrência de movimentos de vertente



## Análise de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste



### Legenda

#### Índice de factores condicionantes

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado
- Elevado
- Muito elevado

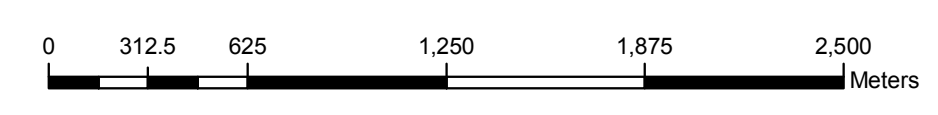
#### Locais

- Subdistrito Bobonaro
- Aldeias

#### Rede viária

- Principal
- Complementar

#### Ribeiras principais



Sistema de Projecção de Coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 51S



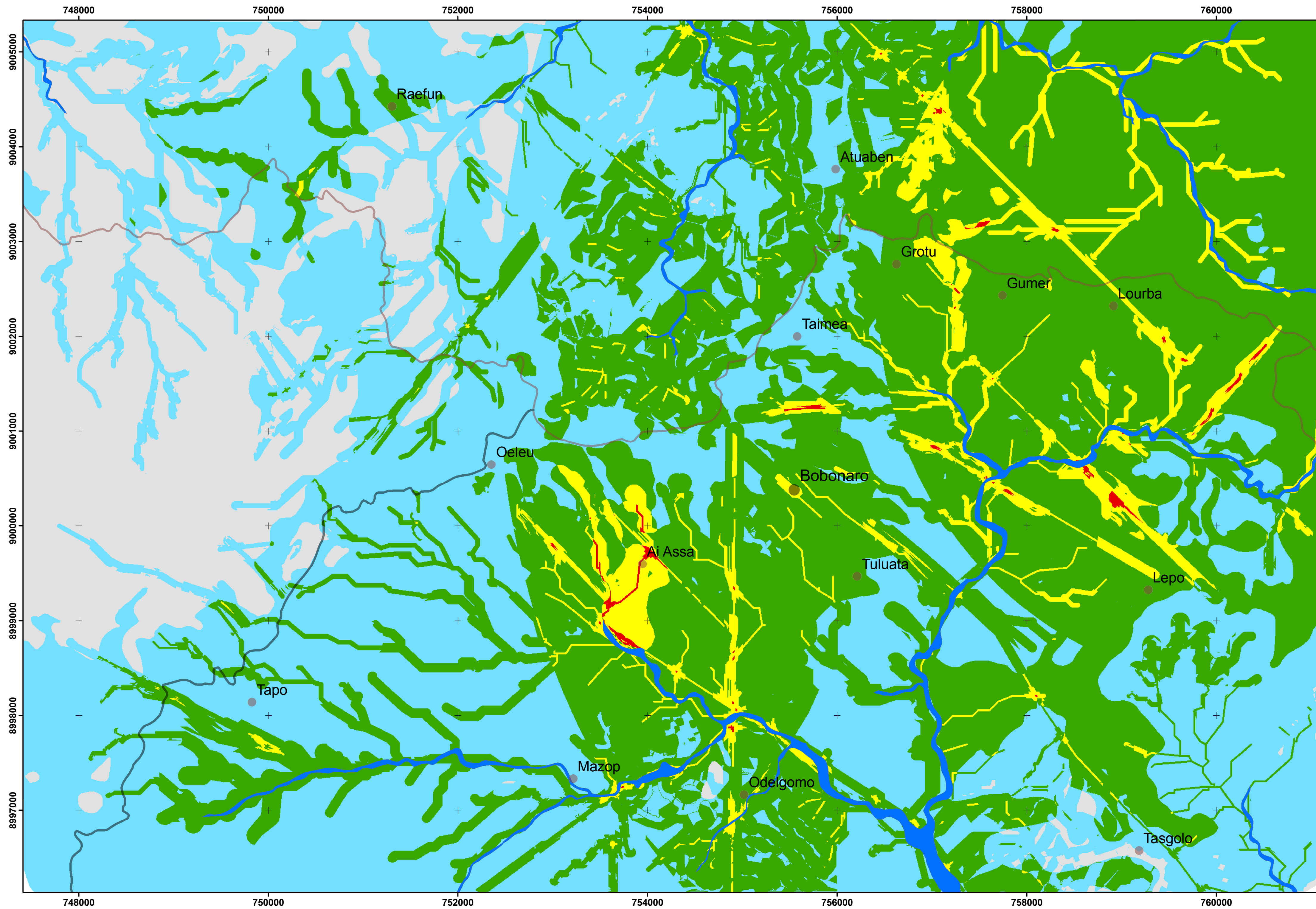
Universidade do Algarve  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Dissertação  
para a obtenção do grau de Mestre em Geomática  
Especialização em Análises de Sistemas Ambientais  
Benjamim Hopffer Martins  
Faro, 2011

## ANEXO N.º IX

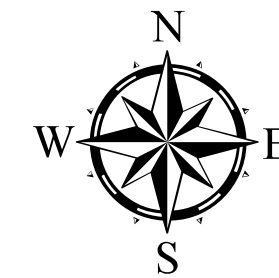
Mapa de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente

---

# Mapa de susceptibilidade à ocorrência de movimentos de vertente



## Análise de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste



### Legenda

#### Índice de susceptibilidade

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado
- Elevado
- Muito elevado

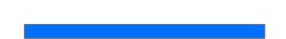
#### Locais

- Subdistrito Bobonaro
- Aldeias

#### Rede viária

- Principal
- Complementar

#### Ribeiras principais



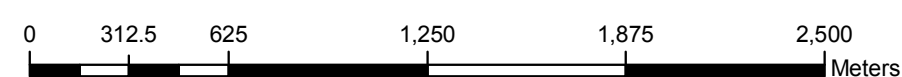
Universidade do Algarve  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Dissertação  
para a obtenção do grau de Mestre em Geomática  
Especialização em Análises de Sistemas Ambientais

Benjamim Hopffer Martins

Faro, 2011

Sistema de Projecção de Coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 51S

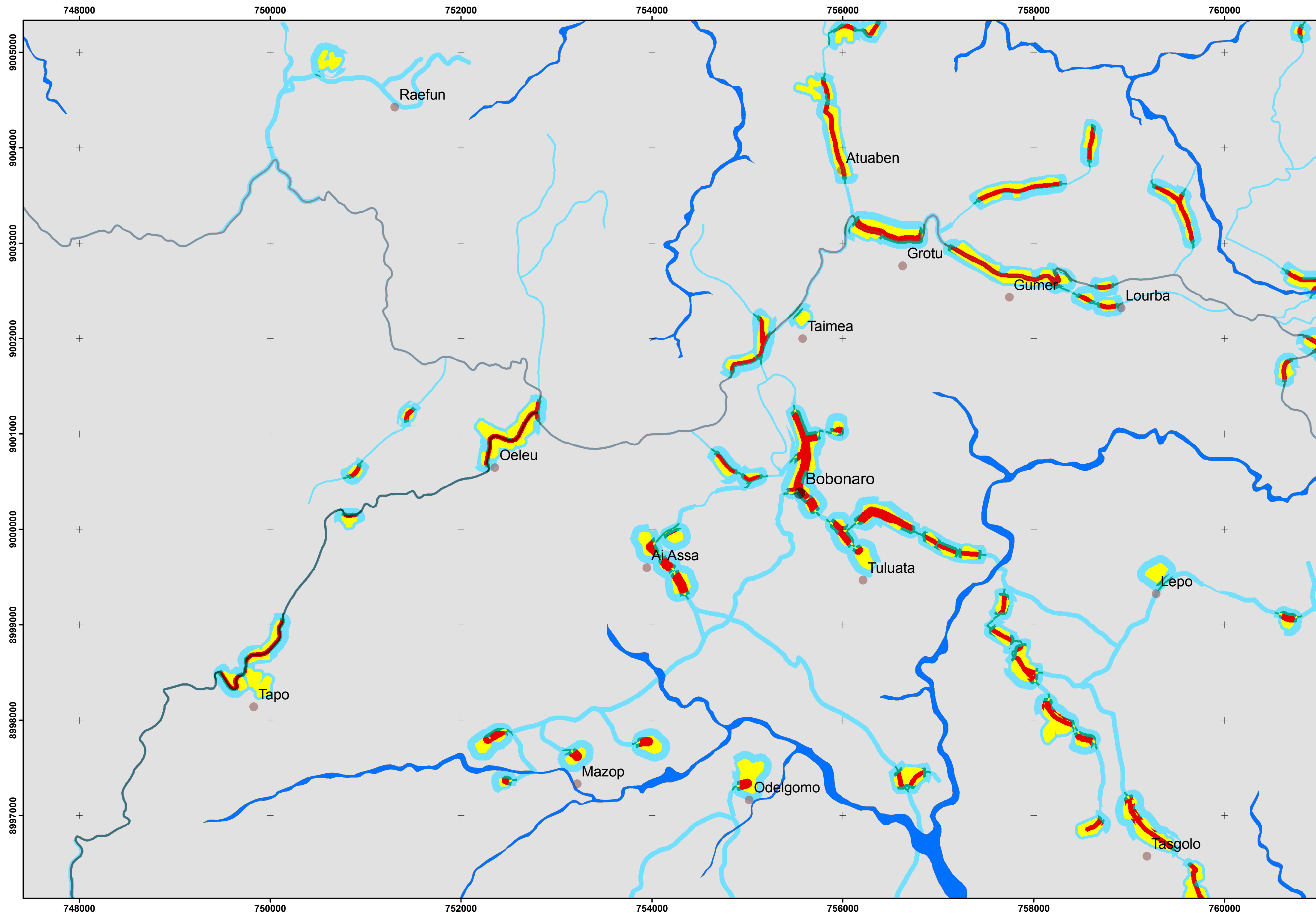


## ANEXO N.º X

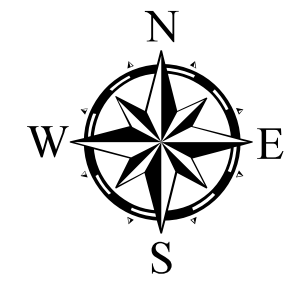
Mapa de vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de vertente

---

# Mapa de vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de vertente



## Análise de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste



### Legenda

#### Índice de vulnerabilidade

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado
- Elevado
- Muito elevado

#### Locais

- Subdistrito Bobonaro
- Aldeias

#### Rede viária

- Principal
- Complementar

#### Ribeiras principais



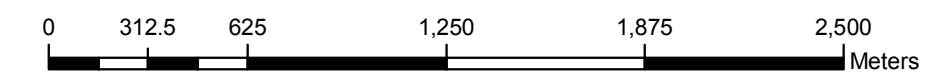
Universidade do Algarve  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Dissertação  
para a obtenção do grau de Mestre em Geomática  
Especialização em Análises de Sistemas Ambientais

Benjamim Hopffer Martins

Faro, 2011

Sistema de Projecção de Coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 51S

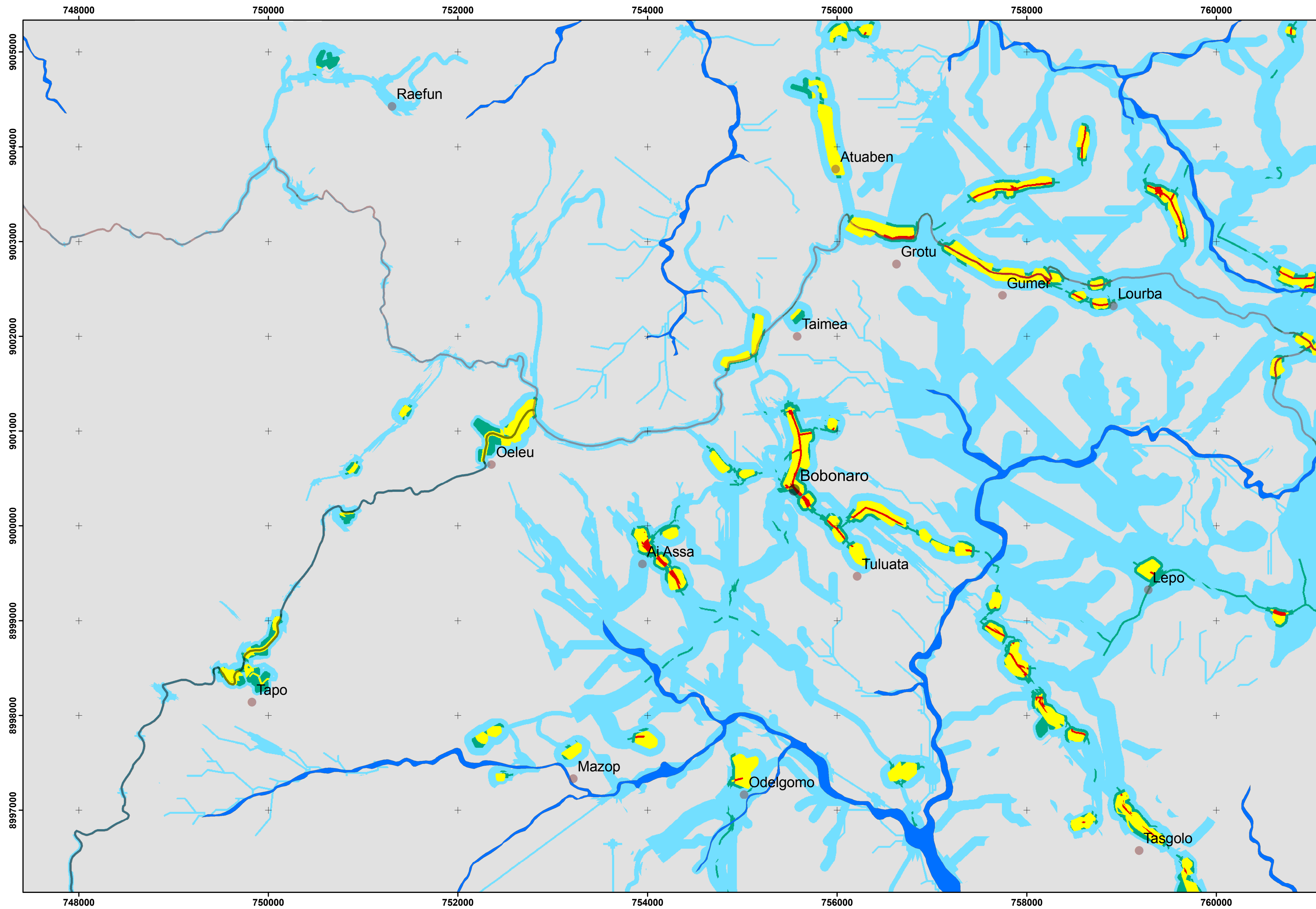


## ANEXO N.º XI

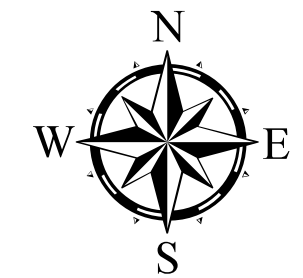
Mapa de risco à ocorrência de movimentos de vertente

---

# Mapa de risco à ocorrência de movimentos de vertente



## Análise de Riscos Geomorfológicos na Região de Bobonaro, Timor-Leste



### Legenda

#### Índice de risco

- Muito baixo
- Baixo
- Moderado
- Elevado
- Muito Elevado

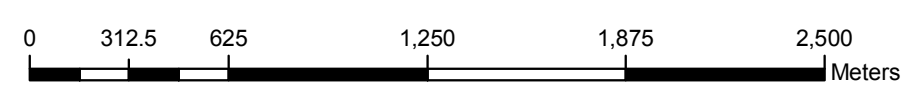
#### Locais

- Subdistrito Bobonaro
- Aldeias

#### Rede viária

- Principal
- Complementar

#### Ribeiras principais



Sistema de Projecção de Coordenadas:  
WGS 1984 UTM Zone 51S



Universidade do Algarve  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Dissertação  
para a obtenção do grau de Mestre em Geomática  
Especialização em Análises de Sistemas Ambientais

Benjamim Hopffer Martins

Faro, 2011